

GENIU RURAL

AMENAJĂRI TERITORIALE HIDRAULICO-AGRARE

**pentru Îmbunătățiri Funciare și Gospodărirea Apelor
cu Baza tehnico-științifică „Hidraulica și scheme hidrotehnice”**

Protecția mediului: măsuri de protecție antigel, antigrindină și ciclicitatea unor fenomene hidro-meteorologice (studiu de caz – revărsarea unor ape din Banatul de Sud); protecția terenurilor contra poluării cu ape uzate și reziduuri organice, prin amenajări hidraulico-agrară (irigații, iazuri biologice, stații de epurare, depozite de deșeuri); optimizări, raționalizări.

Automatizare – Dispecerizare; informatizare; randamente, strategii, programe calculator și modele în optimizarea amenajărilor

Amenajări hidrotehnice complexe – sector triplu prioritar: hidroenergie, navigație și hidraulico-agrară – exemple din tehnica mondială și română

10



Areale protejate la căderile de grindină
prin funcționarea UCCG Moldova I – Iași - Vaslui

VALERIU BLIDARU

GENIU RURAL

**AMENAJĂRI TERITORIALE
HIDRAULICO-AGRARE**

**pentru
Îmbunătățiri Funciare și Gospodărirea Apelor
cu
Baza tehnico-științifică
„Hidraulica și scheme hidrotehnice”**

Volumul 10

**Protecția mediului: măsuri de protecție antigel,
antigrindină și ciclicitatea unor fenomene
hidro-meteorologice (studiu de caz – revărsarea unor
ape din Banatul de Sud); protecția terenurilor contra
poluării cu ape uzate și reziduuri organice, prin
amenajări hidraulico-agrare (irigații, iazuri biologice,
stații de epurare, depozite de deșeuri); optimizări,
raționalizări**

**Automatizare – Dispecerizare; informatizare;
randamente, strategii, programe calculator și modele
în optimizarea amenajărilor**

**Amenajări hidrotehnice complexe – sector triplu
prioritar: hidroenergie, navigație și hidraulico-agrare
– exemple din tehnica mondială și română**

Prof. Univ. Dr. Doc. Ing. VALERIU BLIDARU

Inginer Geniu Rural
Doctor Docent în Științe
LAUREAT AL ACADEMIEI ROMÂNE
Distins cu GRAND PRIZE, EUROINVENT

GENIU RURAL

AMENAJĂRI TERITORIALE HIDRAULICO-AGRARE pentru Îmbunătățiri Funciare și Gospodărirea Apelor CU

Baza tehnico-științifică „Hidraulica și scheme hidrotehnice”

Volumul 10

Protecția mediului: măsuri de protecție antigel, antigrindină și ciclicitatea unor fenomene hidro-meteorologice (studiu de caz – revărsarea unor ape din Banatul de Sud); protecția terenurilor contra poluării cu ape uzate și reziduuri organice, prin amenajări hidraulico-agrar (irigații, iazuri biologice, stații de epurare, depozite de deșeuri); optimizări, raționalizări

Automatizare – Dispecerizare; informatizare; randamente, strategii, programe calculator și modele în optimizarea amenajărilor

Amenajări hidrotehnice complexe – sector triplu prioritar: hidroenergie, navigație și hidraulico-agrar – exemple din tehnica mondială și română

Presa Universitară Clujeană

2022

Referenți științifici:

Prof. univ. emerit dr. ing. Florian Stătescu

Conf. univ. dr. ing. Nicolae Marcoie

ISBN general: 978-606-37-1526-6

ISBN specific: 978-606-37-1537-2

© 2022 Coordonatorul volumului. Toate drepturile rezervate.
Reproducerea integrală sau parțială a textului, prin orice mijloace,
fără acordul coordonatorului, este interzisă și se pedepsește
conform legii.

Redactor: dr. ing. Beno Haimovici

Tehnoredactor: ing. Cezar Baci

Universitatea Babeș-Bolyai

Presa Universitară Clujeană

Director: Codruța Săcelean

Str. Hasdeu nr. 51

400371 Cluj-Napoca, România

Tel./Fax: (+40)-264-597.401

E-mail: editura@ubbcluj.ro

<http://www.editura.ubbcluj.ro/>

CUPRINS

SECȚIUNEA I. *Protecția mediului*

MĂSURI DE PROTECȚIE ANTIGEL, ANTIGRINDINĂ ȘI CICLICITATEA UNOR FENOMENE HIDRO-METEOROLOGICE: STUDIU DE CAZ – REVĂRSĂRILE DE APE DIN BANATUL DE SUD

1.1. IMPORTANȚA ȘI OPORTUNITATEA IRIGAȚIEI ANTIGEL ÎN ROMÂNIA.....	23
1.2. FENOMENELE DE ÎNGHEȚ ÎN ANOTIMPURILE DE TRANZIȚIE	24
1.2.1. Cauzele producerii fenomenelor de îngheț în anotimpurile de tranziție în țara noastră	24
1° Complexul natural (factorii locali și agrotehnici)	25
2° Complexul meteorologic (temperatura, vântul, nebulozitatea și ceața).....	26
1.2.2. Ariile de repartiție a înghețurilor și a frecvenței zilelor cu îngheț în anotimpurile de tranziție în România	26
1.2.3. Metode de protecție contra înghețurilor folosite în plantații	28
1.3. TEHNICA ASPERSIUNII ANTIGEL ȘI BAZA DE CALCUL	32
1.3.1. Cantitatea de căldură ce trebuie recuperată	32
1.3.2. Cantitatea de apă necesară pentru antigel și calitatea apei	38
1.3.3. Procedeu de calcul al intensității necesare aspersiunii antigel, numai pentru protecția organelor în pericol.....	39
1.3.4. Condiții tehnico-funcționale și de calitate pe care trebuie să le îndeplinească ploaia și instalația de aspersiune în scop de protecție antigel	42
1.4. SOLUȚII DE CAPTĂRI DE APĂ CU ASIGURAREA ANUMITOR CALITĂȚI (ALE APEI) CERUTE DE „PROTECȚIE”	47
1.4.1. Captări din acumulări supraterrane pentru asigurarea unei anumite temperaturi ale apei. Soluții de captare de la anumite adâncimi	47
1° Soluții tehnice de captare de la diverse adâncimi. Exemple	48
1. Prize turn, în general.....	48
2. Priza de apă în turn cu ferestre de captare.....	49
3. Priza de apă cu tub de captare oblic	49
2° Aspecte legate de temperatura apei captate și regimul termic al acumulărilor.....	50
3° Metoda determinării poziției ferestrelor de captare într-un turn de priză pentru prelevarea apei cu temperatură dorită ¹⁾	51
1) Analizarea și dezvoltarea teoretică a problemei adâncimii de captare.....	51
2) Determinarea poziției ferestrei de captare. Exemplu.....	52
4° Măsurile constructive speciale, antiseismice, la turnurile de priză	53
1.4.2. Captări din acumulări subterane pentru asigurarea unor debite și temperaturi relativ uniforme ale apei, ca și pentru reducerea suprafețelor ocupate de lucrări	54
1° Prezentarea generală – scop, condiții, amplasare	54
2° Elemente constructiv-funcționale și condiții de aplicare.....	55
3° Indicații privind calculul elementelor componente	57
1.5. PROTECȚIA CONTRA GRINDINELOR.....	59
1.5.1. Necesitatea, structura și funcționarea sistemului antigrindină	59
1° Date generale	59
2° Necesitatea și structura sistemului	60
3° Racheta antigrindină și funcționarea unei unități de combatere a căderilor de grindină	61
1.5.2. Concepția, proiectarea și etapele asimilării Sistemului Național Antigrintină.....	61
1.5.3. Unitatea de Combatere a Căderilor de Grindină Moldova Iași	61
1.5.4. Avantajele realizării Sistemului Național Antigrintină	62
1.6. CICLICITATEA UNOR FENOMENE HIDRO-METEOROLOGICE. STUDIU DE CAZ: REVĂRSĂRILE DE APE DIN BANATUL DE SUD, ÎN PERIOADA 17 APRILIE – 20 MAI 2005	63
1.6.1. Date informative asupra studiilor întreprinse și asupra caracteristicilor unor elemente specifice ale cadrului natural (ex. hidrografice; hidrologice; hidrogeologice etc.)	63
1° Date informative.....	63
2° Unele date asupra hidrografiei și hidrologiei.....	63
3° Unele date asupra hidrogeologiei.....	69
4° Asupra terenurilor cu exces de umiditate	70
1.6.2. Apele externe și interne; ciclicitatea revărsărilor.....	71
1° Apele externe.....	71
2° Apele interne	73

PROTECȚIA TERENURILOR CONTRA POLUĂRII CU APE UZATE ȘI REZIDUURI ORGANICE, PRIN AMENAJĂRI HIDRAULICO-AGRARE: IRIGAȚII, IAZURI BIOLOGICE, STAȚII DE EPURARE, DEPOZITE DEȘEURI

ASPECTE GENERALE.....	75
2.1. PROBLEMA APELOR UZATE DIN COMPLEXELE ZOOTEHNICE ȘI STAȚIILE DE EPURARE	
AFERENTE.....	76
2.1.1. Soluții și scheme tehnologice ale stațiilor de valorificare a apelor uzate și a nămolurilor din complexe zootehnice.....	78
2.1.2. Apele uzate și nămolurile de proveniență zootehnică și modul de valorificare în agricultură.....	86
1° Cantități de apă brută și nămoluri din complexe de porci.....	86
2° Valorificarea apelor uzate în agricultură, prin irigații.....	86
2.1.3. Evoluția irigației cu ape uzate.....	88
2.1.4. Solurile pretabile pentru irigarea cu ape uzate.....	89
2.1.5. Regimul de irigare cu ape uzate.....	90
2.1.6. Tehnici de irigare cu ape uzate. Tehnici de distribuție a apei.....	91
1° Irigarea prin aspersiune.....	91
2° Irigarea prin brazde.....	91
3° Irigarea prin rampe perforate.....	92
4° Irigarea prin inundare în afara perioadei de vegetație.....	92
5° Stocarea apelor uzate în iazuri biologice.....	92
2.1.7. Echipamente de udare pentru apa uzată și scheme de amenajare.....	92
1° Echipamente românești.....	92
2° Echipamente străine.....	93
3° Echipamente de udare pentru metoda localizată.....	94
4° Scheme de amenajare, cu încărcături admisibile și diferite calități de ape uzate (diluante și nediluante).....	94
2.2. PROBLEMA APELOR UZATE ȘI A DEȘEURILOR DIN CENTRELE POPULATE RURALE – SATE. PROTECȚIA MEDIULUI PRIN MĂSURI HIDRAULICO-AGRARE	95
2.2.1. Gospodăriile rurale și sursele de formare a apelor uzate și a deșeurilor, cu caracteristicile acestora și utilizarea lor.....	96
1° Sursele de ape uzate și deșeurii; caracteristici și utilizarea lor.....	96
2° Soluții de valorificare și tratare a apelor menajere și a deșeurilor din gospodăriile țărănești.....	98
2.3. EPURAREA APELOR REZIDUALE, PRIN STAȚII COMUNALE ȘI RECICLAREA ȘI DEPOZITAREA ECOLOGICĂ A DEȘEURILOR.....	108
2.3.1. Concepții și soluții în tratarea și valorificarea apelor reziduale din aglomerațiile rurale, prin stații comunale de epurare. Unele aspecte.....	109
1° Iazuri biologice.....	111
2° Instalație cu stabilizarea simultană aerobă a nămolului.....	111
2.3.2. Aportul amenajărilor hidraulico-agrare în reciclarea și depozitarea ecologică a deșeurilor, pentru protecția terenurilor – a mediului.....	114
1° Deșeurile: definire; legi; efecte; surse de deșeurii; surse de poluare.....	114
2° Presortarea, reciclarea, transportul și depozitarea deșeurilor. Măsuri.....	114
3° Depozitele de deșeurii ecologice. Condiții generale.....	115
4° Schema generală a unui depozit ecologic de deșeurii.....	116
5° Soluții constructive de depozitare a deșeurilor.....	117
6° Materiale și instalații utilizate în construcția depozitelor ecologice de deșeurii.....	118
2.3.3. Drenajul depozitelor de deșeurii cu variante constructive ale radierului și acoperișului. Soluții în studiile pentru teza de doctorat a ing. Mircea Mancea.....	119
1° Variante constructive ale alcătuirii radierului și acoperișului unui depozit de deșeurii.....	119
2° Drenajul interior și exterior al depozitelor de deșeurii.....	121
3° Dimensionarea unui drenaj cu nisip comparativ cu un geotextil.....	122
4° Drenarea acoperișului unui depozit.....	123
5° Drenajul depozitului de deșeurii în timpul umplerii.....	123

SECȚIUNEA II. *Optimizări, raționalizări, automatizare – dispecerizare – informatizare în irigații*

APA ȘI ENERGIA ÎN AMENAJĂRILE HIDRAULICO-AGRARE DE IRIGAȚII ȘI DESECĂRI-DRENAJE. RAȚIONALIZĂRI, CU EXEMPLE DIN TEHNICA MONDIALĂ ȘI ROMÂNĂ

3.1. DEBITUL ȘI VOLUMUL DE APĂ EVACUAT DIN SISTEMUL DE DESECARE	127
3.1.1. Debit, volum, bilanț de apă, pe terenurile desecabile și salinizate. Reglarea regimului de apă, săruri și temperatură, efectele desecării	127
3.1.2. Elemente de bază ale proiectării debitului de desecare. Debitul economic	129
1° Metoda capacității de absorbție a solului cu înmagazinarea apei în canale	130
2° Metoda dinamicii scurgerii apei în rețeaua de canale colectoare secundare și principale	130
3° Debitul de desecare economic	131
3.1.3. Criterii și soluții în determinarea debitului de evacuare provenit din diverse surse. Metode de desecare	131
1° Lungimi infinite ale zonei mal-dig și ale zonei apărate	132
2° Fragmentul mal-dig, de lungime finită	134
3° Fragmentul apărat de lungime finită	135
4° Evacuarea apelor de pe terenurile în pantă	136
5° Metode de desecare și drenaj, clasificări, analize	136
3.2. APA ÎN IRIGAȚII. DEBITE, VOLUME ȘI CONDIȚII DE RAȚIONALIZARE.....	137
3.2.1. Probleme de ansamblu	137
3.2.2. Debitul specific.....	139
1° În soluția debitului caracteristic q_c , cu date din alte țări și din țară	139
2° În soluția hidromodulului λ	140
3.2.3. Necesarul de apă de irigație al culturilor agricole – în România	140
3.2.4. Regimul de irigație	154
1° Bilanțul apei în sol	154
2° Norma de irigație	155
3° Norma de udare	155
4° Norma de spălare	155
5° Interacțiunea irigației-drenaje	156
6° Momentul udării, intervalul între udări, schema udărilor	157
7° Graficul necoordonat și coordonat al udărilor. Modulul de udare	157
8° Debitul de dimensionare a lucrărilor de irigații	158
3.3. NECESARUL DE ENERGIE ÎN AMENAJĂRILE DE IRIGAȚII ȘI DESECĂRI-DRENAJE, CU UNELE SOLUȚII DE RAȚIONALIZARE.....	159
3.3.1. Estimarea consumului de energie în amenajare și în exploatare	159
3.3.2. Măsuri pentru reducerea consumului de energie de exploatare, cu exemple	161
1° Unele soluții de amplasare a centrelor de priză	161
2° Unele soluții de ridicarea apei pe zone, cu canale și bazine intermediare, cu exemple	163
3.3.3. Reducerea consumului de energie prin optimizarea pompării apei în plotul de irigație	170
1° Optimizarea structurii plotului de irigații prin aspersiune	170
2° Raționalizarea regimurilor de funcționare ale plotului de irigații prin aspersiune	172
3.3.4. Măsuri pentru asigurarea independenței energetice în exploatarea sistemelor de irigații. Exemple de amenajări realizate	173
1° Soluții de transformarea centrelor de priză ale sistemelor de irigații din Duranțe-ul Inferior, pentru a funcționa fără consum de energie electrică	174
2° Soluții de scheme hidrotehnice complexe pentru irigații, de tip gravitațional, cu acumulări frontale dominante și transfer interbazinal	184
3.4. MĂSURI PENTRU ASIGURAREA INDEPENDENȚEI ENERGETICE, ÎN EXPLOATAREA SISTEMELOR DE IRIGAȚII. EXEMPLE: SOLUȚII PROPUSE/STUDIATE ÎN ROMÂNIA – ZONA DE EST (PE RÂUL SIRET ȘI PE RÂUL PRUT).....	193
3.4.1. Exemplu de schemă hidrotehnică complexă în soluție gravitațională pentru irigații și alte folosințe agro-edilitare, cu independență energetică, în zona centrală a „Podișului Moldovenesc”	193
1° Problema irigațiilor, a alimentării cu apă a centrelor agro-economice (în județul Iași) și sursele de apă (în diverse soluții de transfer)	194
2° Soluția unui sistem de irigații teritorial Iași, cu aducțiuni și distribuții gravitaționale și cu producere de energie	197
3° Situația irigațiilor în mai 1983 (dată reper de plecare)	201
4° Situația surselor de apă ale județului Iași și modul preconizat de alimentare al sistemului	202
5° Prezentarea schematică a elementelor principale ale surselor de apă și ale sistemului de irigații Iași	203

6° Alimentarea cu apă a centrelor populate rurale și a sectoarelor zootehnice	209
7° Amenajări pentru irigații.....	209
8° Lucrări de combatere a eroziunii solului.....	211
9° Drenajele	211
10° Problema pisciculturii în cadrul Sistemului teritorial județean de irigații – Iași.....	211
11° Hidroenergia în cadrul sistemului teritorial Iași de irigații și alimentare cu apă a agriculturii.....	212
12° Estimarea amenajărilor, cu aspecte de eficiență economică	216
3.4.2. Soluția prof. I. Andriescu-Cale, axată pe râul Prut.....	218
3.4.3. Amenajări hidrotehnice, cu scop prioritar hidroenergetic, care însă asigură și independența energetică a amenajărilor hidraulico-agrar (irigații, desecări-drenaje) aflate în perimetrul hidrotehnic respectiv sau adiacent. Exemple din România și din alte țări.....	218
1° Hidroenergia și independența energetică în cadrul amenajărilor hidrotehnice complexe	218
2° Studii, cercetări, soluții de CHE în contextul irigațiilor	221
3° Baraje și energie	225
4° Centralele hidroelectrice acționate de mare ¹	226
5° Microcentrale	227
6° Înscrierea centralelor clasice și nucleare în soluția hidrotehnică a canalelor magistrale de navigație-irigații	227

AUTOMATIZARE – DISPECERIZARE – INFORMATIZARE ÎN IRIGAȚII. EXEMPLU: S.I. CÂMPIA BUZĂULUI, ALIMENTAT GRAVITAȚIONAL (R. BUZĂU) ȘI S.I. IALOMIȚA – CĂLMĂȚUI, ALIMENTAT PRIN POMPARE (FL. DUNĂREA)

4.1. PROBLEMATICA AUTOMATIZĂRII PE REȚELELE DE CANALE. ADUCȚIUNI ȘI DISTRIBUȚII – REGLĂRI ȘI COMENZI.....	238
4.1.1. Utilitatea tehnică și economică a automatizării sistemelor de irigații	238
1° Reglarea debitelor și tehnica reglării	239
2° Necesitatea asocierii modulelor cu mască cu vane automate (fig. 4.6).....	242
4.1.2. Principii și tehnici de automatizare a rețelelor de aducțiune și distribuție ¹	246
1° Configurațiile automatizării canalelor	247
2° Soluții de automatizare a canalelor deschise	249
4.1.3. Secțiuni caracteristice pe rețeaua de aducțiune și distribuție cu echipamentele de automatizare (și în soluție românească)	257
1° Reglajul parametrilor hidraulici din bieful aval de stăvilă	257
2° Reglajul parametrilor hidraulici din bieful amonte de stăvilă.....	258
3° Reglajul parametrilor hidraulici din ambele biefuri aferente stăvilărilor	259
4.1.4. Modalități de control –reglare a nivelurilor și debitelor pe canalele de aducțiune și distribuție din sistemele de irigații	259
1° Reglatoare hidraulice de nivel cu comandă din amonte.....	260
2° Reglatoare hidraulice de nivel cu comandă din aval	261
3° Reglatoare hidraulice de nivel cu comandă mixtă.....	263
4.2. DISPECERIZAREA ÎN IRIGAȚII. STRUCTURĂ DE MODEL PROPUȘ PENTRU DISPECERIZAREA SISTEMULUI DE IRIGAȚII CÂMPIA BUZĂULUI – C. VEST	266
Introducere.....	266
4.2.1. Analiza criteriilor și a condițiilor pentru realizarea controlului automat în cadrul dispecerizării automatizate, la nivelul Schemei Hidrotehnice C. Vest	267
1° Structura modelului propus.....	267
2° Structură de echipamente pentru realizarea funcțiilor dispecerizării	268
3° Criterii avute în vedere la fixarea soluției de control automat în cadrul dispecerizării informatizate la nivelul rețelei de aducțiune – distribuție. Exemplu – Canalul C. Vest	269
4.2.2. Analiza criteriilor și a condițiilor pentru realizarea controlului automat în cadrul dispecerizării informatizate la nivelul plotului. Exemplu, plotul-pilot „SPP7-Vernești”	270
1° Centrul informațional al plotului demonstrativ-pilot.....	272
2° Schema fluxului informațional în cadrul plotului demonstrativ	273
4.2.3. Structura exploatarei în regim dispecerizat a schemei hidrotehnice din sistemul de irigații Câmpia Buzăului	274
1° Gestiunea apei	274
2° Corelarea prizei C. Vest cu canalul energetic CE.....	276
3° Puncte cheie de alimentare și control.....	276
4° Metoda propusă de reglare dinamică, globală	276
4.2.4. Structura modelului propus de automatizare dispecerizată (rețeaua centralizată)	276
1° Rețeaua locală de dispecerizare	276
2° Rețeaua principală de dispecerizare.....	277
3° Centrul dispecer al sistemului de irigații	277

4.2.5. Centrul informațional al plotului pilot	280
1° Schema fluxului informațional în cadrul plotului pilot	280
2° Necesitatea centrului monitoring și de avertizare. Centrul informațional	281
3° Cerințele pentru optimizarea avertizării udărilor în exploatarea plotului, prin Centrul Informațional	289
4° Alcătuirea graficilor de udare pentru fiecare cultură	289
4.2.6. Specificații software pentru dispecerizarea în sistem informatizat	290
4.2.7. Posibilități de automatizare totală în cadrul plotului-pilot	290
4.2.8. Adaptarea plotului de irigații de la modul de funcționare prin „rotație”, la modul de funcționare la „cerere”. Implicații asupra debitului și rețelei. Exemplu	291

RANDAMENTE, STRATEGII, PROGRAME CALCULATOR ȘI MODELE ÎN OPTIMIZAREA AMENAJĂRILOR

5.1. MODEL REPREZENTATIV PENTRU DEFINIREA EFICIENȚEI ÎN IRIGAȚII:

RANDAMENTUL ÎN IRIGAȚII..... 302

5.1.1. Randamentele hidraulice și pierderile de apă	302
1° Particularități în caracterizarea randamentelor hidraulice	302
2° Pierderi de apă din rețeaua de canale deschise	304
3° Pierderi de apă din rețeaua de conducte îngropate	307
4° Pierderi de apă în aplicarea udărilor	308
5.1.2. Randamentul energetic	309
5.1.3. Randamentele agricole	310
5.1.4. Randamentele economico-financiare	310
5.1.5. Randamentele operaționale	311
1° Operarea și întreținerea schemelor modernizate.....	311
2° Randamentul conducerii operative	311
5.1.6. Randamentul consum forță de muncă.....	312
5.1.7. Concluzii privind randamentele și efectul de eficientizare a sistemelor de irigații.....	312

5.2. STRATEGII, SCHEME ȘI SCENĂRII DE DEZVOLTARE RURALĂ, CU CERINȚE DE MODERNIZARE A AMENAJĂRILOR (DE IRIGAȚII). STUDII DE CAZ: SISTEMELE DE IRIGAȚII: „CÂMPIA BUZĂULUI”; „TABĂRA-TRIFEȘTI” PRUT; „SUD-SOLONEȚ”..... 313

5.2.1. Scheme/scenarii de dezvoltare rurală, cu cerințe de modernizare în sistemul de irigații „Câmpia Buzăului”	313
1° Suprafețele irigate în ultimii ani.....	313
2° Consumurile specifice de energie	315
3° Scenarii pentru dezvoltare rurală legate de irigații	315
4° Scenarii ale evoluției consumurilor de apă	315
5° Obiective ale cercetărilor legate de strategiile dezvoltării.....	316
5.2.2. Soluții de conducere operativă informatizată a exploatarea sistemelor de irigații: „Tabăra Trifești” și „Sud Soloneț”, râul Prut.....	317
5.2.2.1. Stadiul actual de dezvoltare a informatizării și dispecerizării în exploatarea sistemelor de irigații	317
1° Stadiul actual de organizare și conducere operativă a sistemului de irigații „Sud Soloneț”	317
2° Posibilitățile generale actuale ale informatizării.....	318
5.2.2.2. Problemele informatizării activității de exploatare a sistemelor de irigații	319
5.2.2.3. Schema funcțională a procesului de informatizare și modurile posibile de realizare	320
5.2.2.4. Soluția propusă ¹ de monitorizare computerizată a parametrilor tehnico-funcționali pentru sistemul de irigații „Sud Soloneț” din amenajarea „Tabăra-Trifești-Sculeni”	322
5.2.3. Software de bază (programe calculator) pentru conducerea operativă în cadrul sistemului „Sud Soloneț”	325
5.2.3.1. Cerințele programelor utilizate pentru managementul sistemului de irigații	325
5.2.3.2. Modelul matematic și schema bloc a programului pentru planificarea și optimizarea udărilor la nivelul CMA.....	325

5.3. PROGRAM CALCULATOR ȘI MODEL PENTRU ANALIZA ȘI DIMENSIONAREA OPTIMĂ A REȚELELOR SUB PRESIUNE – MIXTE, RAMIFICATE ȘI INELARE – DE DISTRIBUȚIE A APEI. STUDIU DE CAZ: S.I. „IALOMIȚA – CĂLMĂȚUI”, CU APLICAȚII LA PLOTUL 71 ... 329

5.3.1. Problema de optimizare atașată dimensionării rețelei	329
5.3.2. Rezolvarea problemei de optimizare	331
1° Metoda gradientului cu metrică variabilă	331
2° Rezolvarea sistemului de ecuații neliniare prin metoda Newton-Raphson.....	332
3° Program calculator	332
4° Analiza asistată de calculator a dimensionării optime a rețelelor inelare de distribuție a apei.....	332

SECȚIUNEA III. *Amenajări hidrotehnice complexe și încadrarea amenajărilor hidraulico-agrare*

AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE – SECTOR TRIPLU PRIORITAR: HIDROENERGIE, NAVIGAȚIE ȘI HIDRAULICO-AGRARE. EXEMPLE DIN TEHNICA MONDIALĂ ȘI ROMÂNĂ. CONCEPȚII, SOLUȚII ȘI REALIZĂRI ÎN VESTUL EUROPEI (B.H. RHÔNE, FRANȚA) ȘI SUD-ESTUL EUROPEI (B.H. PRUT ȘI VALEA CARASU-DUNĂREA, ROMÂNIA)

6.1. AMENAJAREA HIDROTEHNICĂ A FLUVIULUI RHÔNE, ÎN SCOP ENERGETIC, DE NAVIGAȚIE ȘI HIDRAULICO-AGRAR	344
6.1.1. Schema biefării Rhôn-ului, între frontieră și mare, cu caracteristicile hidrologice	344
6.1.2. Compania Națională a Rhôn-ului – C.N.R. și concepția amenajărilor	346
1° Compania Națională a Rhôn-ului – C.N.R.	346
2° Concepția amenajărilor.....	347
6.1.3. Tehnici, metode și soluții în amenajarea Rhôn-ului. Aport economic	348
6.1.3.1. Baraje, terasamente, uzine hidroelectrice – U.H.E. – hidroenergie	348
6.1.3.2. Biefarea Rhôn-ului. Caracteristici	351
6.1.3.3. Ecluze, navigație și canale de legătură.....	356
1° Ecluzele	356
2° Navigația.....	356
3° Canale de legătură ale Rhôn-ului în sistemul național și european.....	358
3°1. Legături interioare	358
3°2. Legătura Rhône – Saône – Rhin și accesul spre Marea Nordului – Marea Neagră și Marea Mediterană	358
3°3. Legăturile navale ale Rhôn-ului spre Marea Nordului și Marea Neagră, prin Germania.....	361
6.1.4. Problema exploatării amenajărilor fluviale în lanț, de pe Rhône	364
6.1.5. Amenajări hidraulico-agrare în Valea Rhôn-ului	366
1° Sistematizarea – comasarea	367
2° Irigațiile	367
3° Lucrări de protecție a terenurilor	369
4° Alte efecte ale amenajărilor hidrotehnice complexe ale Rhôn-ului, asupra agriculturii și economiei și economiei Văii Rhôn-ului.....	370
6.2. AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN B.H. PRUT. CONCEPȚII, SOLUȚII ȘI REALIZĂRI.....	371
6.2.1. Cadrul natural și amenajări realizate. Date de bază privind problematica amenajărilor, axate pe râul Prut.....	371
1° Cadrul natural și amenajări realizate (an 2000).....	371
2° Caracterizarea cantitativă și calitativă a apelor râului Prut. Utilizările apei	372
6.2.2. Studii, concepții și soluții de amenajare a râului Prut.....	372
1° Intervenția diverșilor specialiști	372
2° Concepția și intervenția prof. ing. I. Andriescu-Cale	373
1/ Soluționarea problemelor hidrotehnice ale râurilor Prut și Siret	373
2/ Concepții privind navigabilizarea Prutului în corelație cu amenajările hidraulico-agrare și energetice	374
3/ Concepții și soluții privind amenajarea Prutului și a luncii proprii	374
4/ Concepții și soluții ale prof. ing. I. Andriescu-Cale, pentru amenajarea afluenților Prutului și a interconectărilor Prut – Siret și Prut – Nistru – Vistula – Marea Baltică, pentru navigația inter-europeană.....	375
3° Concepția dr. ing. Tudor Viorel Blidaru în monitorizarea printr-un Centru informațional Iași – Chișinău a valorificării complexe și optime a apelor Râului Prut (pe ambele maluri), între Acumularea Stânca-Costești și vărsarea în Dunăre)	376
1/ Posibilități oferite de tehnologiile informatice în sprijinul reabilitării sistemelor de irigații cu sursa de apă Prut.....	376
2/ Stadiul actual al problemei dispecerizării computerizate a resurselor de apă (râuri) în România și obiectivele cercetării.....	378
3/ Programe, echipamente și sisteme informatice pentru amenajările de irigații	379
4/ Sisteme pentru analiza hidrologică și optimizarea gospodăririi apelor la nivel de bazin hidrografic	381
5/ Tehnologii informatice utilizabile în domeniul irigațiilor și gospodăririi apelor	381
6/ Concluzii	382
6.3. AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN DOBROGEA: NAVIGAȚIE, ENERGIE, HIDRAULICO-AGRARE (IRIGAȚII), AXATE PE CANALUL DUNĂRE – MAREA NEAGRĂ (C.D.-M.N.).....	383
6.3.1. Studii și realizarea unui canal magistral cu rol triplu prioritar: navigație, irigații și alimentare cu apă în scop energetic	
Canalul Dunăre – Marea Neagră (C.D. – M.N.). Exemplu	383
1° Caracteristicile curgerii apelor	384
2° Secțiunea transversală a canalului	384
3° Priza de apă a canalului	386

4° Nodurile hidrotehnice.....	386
5° Ecluza de la mare (Agigea).....	386
6° Racordarea canalului cu acvatoriul portului maritim nou Constanța-Agigea.....	386
7° Debușarea văilor afluențe în Canalul Dunăre – Marea Neagră.....	387
8° Funcționarea Canalului Dunăre – Marea Neagră.....	387
9° Debitmetria canalului și captarea apei la Centrala N.E. Cernavodă.....	389
10° Studiul economic și hidraulic al ecluzelor.....	389
11° Studiul privind eforturile în parâmele de legare ale convoiului de calcul.....	389
12° Studiul navigației convoaielor.....	389
13° Limitarea fenomenelor hidraulice.....	389
14° Prevenirea și combaterea salinizării apei canalului.....	389
15° Studii hidraulice pentru ecluza Cernavodă.....	389
16° Studii hidraulice pentru ecluza Agigea.....	390
17° Captarea apei pentru Centrala Atomo-electrică de la Cernavodă, de pe Dunăre.....	390
6.3.2. Schema hidrotehnică a Complexului de Irigații Carasu-Dobrogea. Prezentarea generală.....	392
1° Schema hidrotehnică.....	392
2° Raionarea geomorfologică.....	392
3° Condiții climatice.....	394
4° Situația pedoameliorativă.....	394
5° Hidrogeologia.....	394
6° Sursa de apă.....	395
7° Descrierea succintă a lucrărilor existente în Complexul Carasu, cu prezentarea sinoptică a unor sisteme de irigații (6), inclusiv a canalului Negru Vodă.....	396
6.4. POSIBILITĂȚI DE INTERCONECTARE A UNOR AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE DIN VESTUL EUROPEI (AXATE PE FLUVIILE RHÔNE – RHIN – DUNĂRE – ELBA ȘI MAREA NORDULUI), CU UNELE AMENAJĂRI REALIZATE SAU ÎN SOLUȚII CONCEPTUALE DIN CENTRUL – ESTUL EUROPEI (AXATE PE MAREA BALTICĂ – VISTULA – NISTRU – PRUT – DUNĂRE – CANALUL DUNĂRE – MAREA NEAGRĂ (CARASU) – MAREA NEAGRĂ ȘI MAREA MEDITERANĂ.....	406
6.4.1. Condiții și posibilități de interconectarea celor două sisteme hidrotehnice.....	406
BIBLIOGRAFIE.....	407
ANEXE.....	427
Scurt istoric al învățământului tehnic superior în Moldova.....	429
Aprecieri – prin diplome, medalii și lucrări relevante.....	433

CONTENTS

SECTION I. *Environment protection*

ANTIFREEZE AND ANTI-HAILSTORM PROTECTION MEASURES AND CYCLICITY OF SOME HYDRO-METEOROLOGICAL PHENOMENA: CASE STUDY - INUNDATIONS IN SOUTHERN BANAT

1.1. THE IMPORTANCE AND OPPORTUNITY OF ANTIGEL IRRIGATION IN ROMANIA	23
1.2. FROSTINESS PHENOMENA IN TRANSITIONAL SEASONS	24
1.2.1. Causes of frostiness phenomena in transitional seasons in our country	24
1° Natural framework (Local and agrofitotechnics factors)	25
2° Meteorological framework (temperature, wind, nebulosity and fog)	26
1.2.2. Frost spread areas and frost days frequency distribution in transitional seasons in Romania	26
1.2.3. Methods of protection against frosts used in plantations	28
1.3. THE TECHNIQUE OF ANTIGEL ASPERSION AND THE CALCULATION BASE	32
1.3.1. The amount of heat to be recovered	32
1.3.2. The amount of water required for antifreeze irrigation and water quality	38
1.3.3. Method of calculating the intensity required for anti-freeze spraying only for the protection of organs in danger	39
1.3.4. Technical - functional and qualitative conditions to be met by the rain and sprinkler system for anti-freeze protection purposes	42
1.4. SOLUTIONS OF WATER CAPTATION WITH ASSURING CERTAIN WATER QUALITY REQUIRED BY "PROTECTION"	47
1.4.1. Captation from overground accumulations to provide a certain water temperature. Captation solutions at certain depths	47
1° Technical solutions of captation for various depths. Examples	48
1. Tower intakes, in general	48
2. Tower intakes with captation windows	49
3. Water intake with oblique captation tube	49
2° Aspects concerning the captured water temperature and the thermal regime of reservoirs	50
3° The method of determining the position of the capture windows in an intake tower for takeoff the water at desired temperature	51
1) Analysis and theoretical development of the depth of capture problem	51
2) Determination of the position of the capture window. Example	52
4° Special constructive measures, for seismic protection, at tower intakes	53
1.4.2. Captation from underground accumulations to provide relatively uniform water flows and temperatures and for reducing the areas occupied by works	54
1° Overview - purpose, conditions, location	54
2° Constructive-functional elements and application conditions	55
3° Instructions for calculating the component parts	57
1.5. HAILSTORM PROTECTION	59
1.5.1. The necessity, structure and operation of the hailstorm protection system	59
1° General data	59
2° The necessity and structure of the system	60
3° The anti-hailstorm rocket and operation of a hailstorm combat unit	61
1.5.2. Conception, design and stages of assimilation of the <i>National Hailstorm Protection System</i>	61
1.5.3. The Hailstorm Combat Unit Moldova Iasi	61
1.5.4. Advantages of the National Hailstorm Protection System implementation	62
1.6. CYCLICITY OF SOME HYDRO-METEOROLOGICAL PHENOMENA. CASE STUDY: INUNDATIONS IN SOUTHERN BANAT IN THE PERIOD 17 APRIL - 20 MAY 2005	63
1.6.1. Information on the studies undertaken and on the characteristics of specific elements of the natural framework (e.g. hydrography, hydrology, hydrogeology, etc.)	63
1° Informative data	63
2° Some data on hydrography and hydrology	63
3° Some data on hydrogeology	69
4° On land with excess moisture	70
1.6.2. External and internal waters; Cycling of overflows	71
1° External waters	71
2° Internal waters	73

LAND PROTECTION AGAINST WASTEWATER POLLUTION AND ORGANIC RESIDUES, THROUGH HYDRAULIC-AGRARIAN PROJECTS: IRRIGATION, BIOLOGICAL TREATMENT PONDS, SEWAGE TREATMENT PLANTS, WASTE DEPOSITS

GENERAL ASPECTS	75
2.1. THE WASTEWATER PROBLEM IN THE ZOOTECHNICAL COMPLEXES AND ASSOCIATED WASTE TREATMENT PLANTS	76
2.1.1. Solutions and technological schemes of wastewater and sludge treatment plants in livestock complexes	78
2.1.2. Waste water and sludge from zootechnical provenance and how to capitalize on agriculture	86
1° Quantities of raw water and sludge from pigs farms	86
2° Use of wastewater in agriculture through irrigation	86
2.1.3. Evolution of irrigation with wastewater	88
2.1.4. Soils suitable for wastewater irrigation	89
2.1.5. Wastewater irrigation regime	90
2.1.6. Wastewater irrigation techniques. Water distribution techniques	91
1° Sprinkler irrigation	91
2° Furrow irrigation	91
3° Perforated ramps irrigation	92
4° Irrigation by flooding outside the vegetation period	92
5° Storage of wastewater in biological ponds	92
2.1.7. Watering equipments for wastewater and projects design	92
1° Romanian equipments	92
2° Foreign equipments	93
3° Watering equipments for the localized method	94
4° Layout schemes with allowable loads and various water quality (diluted and undiluted)	94
2.2. THE PROBLEM OF WASTE WATER AND WASTE IN RURAL CENTERS - VILAGES. ENVIRONMENTAL PROTECTION UNDER HYDRAULIC-AGRARIAN MEASURES	95
2.2.1. Rural households and sources of waste water and waste generation, with their characteristics and use	96
1° Sources of waste water and manure; their characteristics and use	96
2° Solutions for salvage and treatment of domestic waste water and waste	98
2.3. TREATMENT OF WASTE WATER THROUGH COMMUNAL TREATMENT PLANTS AND RECYCLING AND ECOLOGICAL WASTE DISPOSAL	108
2.3.1. Concepts and solutions in the treatment and salvage of wastewater in rural agglomerations, through communal treatment plants. Some aspects	109
1° Biological ponds	111
2° Installation with simultaneous aerobic stabilization of the sludge	111
2.3.2. The contribution of hydraulic - agrarian projects to the recycling and environmentally sound disposal of waste for land - environmental protection	114
1° Waste: definition; law; effects; sources of waste; sources of pollution	114
2° Pre-selection, recycling, transport and storage of waste. Measures	114
3° Deposits of organic waste. General conditions	115
4° The general project of an ecological landfill	116
5° Constructive solutions for waste disposal	117
6° Materials and installations used in the construction of landfills	118
2.3.3. Drainage of landfills with constructive variants of the foundation raft and roof. Solutions in the PhD thesis of Eng. Mircea Mancea.	119
1° Constructive variants of the structure of the foundation raft and the roof of a landfill	119
2° Indoor and outdoor drainage of landfills	121
3° Sizing a sand versus a geotextile drainage	122
4° Draining the roof of a landfill	123
5° Drainage of the landfill during filling	123

SECTION II. *Optimization, rationalization, automation - dispatching - computerization in irrigation*

WATER AND ENERGY IN HYDRAULIC-AGRICULTURAL PROJECTS FOR IRRIGATION AND DEWATERING-DRAINAGE. RATIONALIZATIONS WITH EXAMPLES FROM WORLD AND ROMANIAN TECHNIQUE

3.1. DISCHARGE AND VOLUME OF WATER REMOVED FROM THE DRAINAGE SYSTEM	127
3.1.1. Discharge, volume and balance of water on drainable and saline lands. Adjustment of water regime, salts and temperature, effects of drainage	127
3.1.2. Basic elements of the drainage flow design. Economic flow	129
1° The method of soil absorption capacity with water storage in channels.....	130
2° The method of water flow dynamics in the secondary and main collector channel network.....	130
3° The economic drainage rate	131
3.1.3. Criteria and solutions for determining the evacuation flow from different sources. Drainage methods.....	131
1° Infinite lengths of bank – dike area and of the protected area	132
2° Finite length of the bank – dike fragment	134
3° Finite length of the protected fragment.....	135
4° Discharge of water from sloping lands	136
5° Dewatering and drainage methods, classifications, analyzes	136
3.2. WATER IN IRRIGATION. DISCHARGES, VOLUMES AND CONDITIONS OF RATIONALIZATION	137
3.2.1. Overall problems	137
3.2.2. Specific discharge.....	139
1° In the q_c characteristic flow solution, with data from other countries and from the country	139
2° In the solution of the hydromodule λ	140
3.2.3. The irrigation water needs of agricultural crops - in Romania.....	140
3.2.4. The irrigation regime.....	154
1° Balance of water in soil.....	154
2° Irrigation norm	155
3° Watering norm.....	155
4° Washing norm	155
5° Interaction between irrigation and drainage	156
6° Watering time, watering interval, watering pattern.....	157
7° Uncoordinated and coordinated watering chart. The watering module	157
8° Flow rate design of irrigation works	158
3.3. THE ENERGY REQUIREMENT FOR IRRIGATION AND DEWATERING-DRAINAGE PROJECTS, WITH SOME RATIONALIZATION SOLUTIONS.....	159
3.3.1. Estimation of energy consumption in works and operation	159
3.3.2. Measures to reduce energy consumption with examples	161
1° Some solutions for intake centers locations.....	161
2° Some water lifting solutions on areas with canals and intermediate reservoirs, with examples	163
3.3.3. The reduction of energy consumption by optimizing water pumping in the irrigation plot.....	170
1° The optimization of sprinkler irrigation plot structure	170
2° Rationalization of sprinkler irrigation plot operation regimes	172
3.3.4. Measures to ensure energy independence in the operation of irrigation systems. Examples of accomplished projects	173
1° Solutions for transforming the intake centers of irrigation systems in Downstream Durançe, in order to operate without electricity consumption.....	174
2° Solutions of complex hydrotechnical projects for irrigation, gravitational type with dominant frontal reservoirs and inter-basins transfer.....	184
3.4. MEASURES TO ENSURE ENERGY INDEPENDENCE IN IRRIGATION SYSTEMS OPERATION. EXAMPLES: SOLUTIONS PROPOSED / STUDIED IN ROMANIA - EAST AREA (SIRET AND PRUT RIVERS)	193
3.4.1. Example of a complex hydrotechnical scheme in gravitational solution for irrigation and other agro-urban uses, with energy independence, in the central area of the "Moldavian Plateau"	193
1° The issue of irrigation, water supply of agro-economic centers (in Iasi County) and water sources (in various solutions of transfer).....	194
2° The solution of a territorial irrigation system in Iasi, with gravity aduction and distribution and energy generation	197
3° Irrigation situation in May 1983 (date of departure)	201

4° Situation of the water sources of Iasi County and the envisaged supply of the system	202
5° Schematic presentation of main elements of water sources and Iasi irrigation system	203
6° Water supply to rural populated centers and livestock sectors	209
7° Irrigation projects	209
8° Works for soil erosion mitigation.....	211
9° Drainage	211
10° The problem of fish farming within the County Irrigation Territorial System - Iasi.....	211
11° Hydro-energy within the Iași territorial irrigation and water supply system of agriculture	212
12° Estimation of projects, with aspects of economic efficiency	216
3.4.2. The solution of Prof. I. Andriescu-Cale, focused on the Prut River	218
3.4.3. Hydrotechnical projects with hydro-energetic priority purpose, which also ensure the energetic independence of the hydro-agrarian works (irrigation, dewatering-drainage) within or adjacent to the hydrotechnical perimeter. Examples from Romania and other countries.....	218
1° Hydropower and energy independence in complex hydrotechnical facilities	218
2° Studies, research, solutions of HPP in the context of irrigation	221
3° Dams and energy	225
4° Hydroelectric power plants powered by the sea	226
5° Microplants.....	227
6° Alignment of classic and nuclear power plants in the hydro-technical solution of the main navigation and irrigation channels.....	227

AUTOMATION - DISPATCH - INFORMATIZATION IN IRRIGATION. EXAMPLE: I.S. THE BUZAU PLAIN, WITH GRAVITATIONAL WATER DELIVERY (BUZĂU RIVER) AND I.S. IALOMIȚA – CĂLMĂȚUI, WITH PUMPING PLANTS WATER DELIVERY (THE DANUBE)

4.1. ISSUES OF AUTOMATION AT CANAL NETWORKS. ADDUCTION AND DISTRIBUTION - REGULATION AND CONTROLS

4.1.1. Technical and economic utility of irrigation systems automation	238
1° Flow regulation and regulation technique	239
2° The necessity to associate mask modules with automatic gates (fig. 4.6)	242
4.1.2. Principles and techniques of automation of the adduction and distribution networks.....	246
1° Channel automation configurations	247
2° Open channels automation solutions	249
4.1.3. Characteristic sections on the adduction and distribution network with the automation equipments (and in the Romanian solution).....	257
1° Adjustment of hydraulic parameters in the pool downstream of the gate.....	257
2° Adjustment of hydraulic parameters in the pool upstream of the gate	258
3° Adjustment of hydraulic parameters in both pools related to the gate	259
4.1.4. Control - adjustment methods of levels and flows on adduction and distribution irrigation channels	259
1° Hydraulic level regulators with upstream command	260
2° Hydraulic level regulators with downstream command.....	261
3° Hydraulic level regulators with mixed command	263

4.2. DISPATCH IN IRRIGATION. STRUCTURE OF MODEL PROPOSED FOR DISPATCHING THE BUZAU PLANE - C. VEST IRRIGATION SYSTEM.....

Introduction	266
4.2.1. Analysis of the criteria and conditions for automated control within the automated dispatching, at the level of the C. Vest hydrotechnical project.....	267
1° Structure of the proposed model	267
2° Equipment structure to perform dispatching functions.....	268
3° Criteria considered when fixing the automated control solution within the IT-based dispatching of adduction – distribution network.	269
4.2.2. Analysis of the criteria and conditions for automated control within the computerized dispatching at the level of the plot. Example, the pilot-plot "SPP7-Vernesti"	270
1° Pilot demonstration plot information center	272
2° The information flowchart of the demonstration plot	273
4.2.3. Structure of dispatch based operation of the hydro-technical scheme in the irrigation system Buzaului Plain.....	274
1° Water management	274
2° Correlation of the C. West water intake with the CE energy channel	276
3° Key points for the distribution and control of water	276
4° The proposed global dynamic regulation method	276
4.2.4. Structure of the proposed dispatched automation model (centralized network).....	276
1° Local dispatch network	276

2° The main dispatching network.....	277
3° Dispatch center of the irrigation system	277
4.2.5. Pilot plot information center	280
1° Information flowchart in the pilot plot.....	280
2° Need for monitoring and warning center. Information center.....	281
3° Requirements to optimize the warning of watering in the plot, through the Information Center.....	289
4° Making watering charts for each crop	289
4.2.6. Software specifications for dispatcher in a computerized system.....	290
4.2.7. Total automation possibilities within the pilot plot	290
4.2.8. Adaptation of the irrigation plot from "rotation" to "on request" operating mode. Implications on flow and network. Example.....	291

YIELDS, STRATEGIES, COMPUTER SOFTWARE AND MODELS IN PROJECTS OPTIMIZATION

5.1. REPRESENTATIVE MODEL FOR DEFINING YIELD IN IRRIGATIONS: IRRIGATION PERFORMANCE

5.1.1. Hydraulic yields and water losses	302
1° Particularities in the characterization of hydraulic yields.....	302
2° Water losses in the open channel network.....	304
3° Water losses in the buried pipe network	307
4° Water losses in application of watering	308
5.1.2. Energy yield.....	309
5.1.3. Agricultural yields	310
5.1.4. Economic and financial returns.....	310
5.1.5. Operating yields	311
1° Operation and maintenance of upgraded schemes	311
2° Operating efficiency	311
5.1.6. Efficiency of labor consumption.....	312
5.1.7. Conclusions on the efficiency and the effect of making irrigation systems more efficient.....	312

5.2. DEVELOPMENT STRATEGIES, SCHEMES AND SCENARIOS, WITH REQUIREMENTS FOR MODERNIZATION OF THE PROJECTS (IRRIGATION). CASE STUDIES: IRRIGATION SYSTEMS: "BUZAU PLAIN", "TABARA-TRIFEȘTI" PRUT; "SUD-SOLONEȘ"

5.2.1. Rural development projects / scenarios with modernization requirements in the "Buzau Plain" irrigation system	313
1° Areas irrigated in recent years	313
2° Specific energy consumption	315
3° Scenarios for rural development related to irrigation.....	315
4° Scenarios of the evolution of water consumption	315
5° Research goals related to development strategies	316
5.2.2. Operational informative management solutions for the operation of Irrigation Systems: "Tabara Trifești " and "Sud Soloneș", Prut River.....	317
5.2.2.1. The current state of development of computerization and dispatching in the operation of irrigation systems	317
1° The current state of organization and operative management of the "Sud Soloneș" irrigation system.....	317
2° Current general possibilities of computerization.....	318
5.2.2.2. The problems of informatization of the operation of the irrigation systems	319
5.2.2.3. Functional scheme of the computerization process and possible ways of implementation	320
5.2.2.4. The proposed solution for computerized monitoring of the technical-functional parameters for the "Sud Soloneș" irrigation system from the "Tabăra-Trifești-Sculeni" project.....	322
5.2.3. Basic software (computer programs) for operative management within the "Sud Soloneș" system.....	325
5.2.3.1. Requirements of programs used for irrigation system management	325
5.2.3.2. The mathematical model and block diagram of the CMA watering planning and optimization program	325

5.3. COMPUTER SOFTWARE AND MODEL FOR OPTIMAL ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF PRESSURE NETWORKS – MIXED, BRANCHED AND RING – FOR WATER DISTRIBUTION. CASE STUDY: "IALOMITA - CALMATUI" IRRIGATION SYSTEM, PLOT 71

5.3.1. Optimization problem attached to network sizing.....	329
5.3.2. Solving the optimization problem.....	331
1° Gradient method with variable metric	331
2° Solving the system of nonlinear equations by the Newton-Raphson method	332
3° Computer program	332
4° Computer-assisted analysis of the optimal dimensioning of the water distribution ring network	332

SECTION III. *Complex hydrotechnical projects and framing of hydraulic - agrarian projects*

COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS - PRIORITARY TRIPLE SECTOR: HYDROENERGY, NAVIGATION AND HYDRAULIC-AGRICULTURE. EXAMPLES OF WORLD AND ROMANIAN TECHNIQUE. CONCEPTS, SOLUTIONS AND ACHIEVEMENTS IN WESTERN EUROPE (BH RHÔNE, FRANCE) AND SOUTH EAST OF EUROPE (B.H. PRUT and VALEA CARASU-DANUBE, ROMANIA)

6.1. HYDROTECHNICAL PROJECT OF RHONE RIVER, FOR ENERGY PURPOSE, NAVIGATION AND HYDRAULIC-AGRARIAN.....	344
6.1.1. Rhône ponds partitioning, between the border and the sea, with hydrological features.....	344
6.1.2. Rhône National Company - C.N.R. and projects concept.....	346
1° Rhône National Company - C.N.R.....	346
2° Concept of projects.....	347
6.1.3. Techniques, methods and solutions in Rhône project. Economic contribution.....	348
6.1.3.1. Dams, earthworks, hydroelectric plants – H.P. – hydro power	348
6.1.3.2. Rhône ponds partitioning. Features	351
6.1.3.3. Locks, navigation and connection channels.....	356
1° Locks	356
2° Navigation	356
3° Rhône link channels in the national and European system	358
3°1. Inner links.....	358
3°2. Rhône - Saône - Rhin connection and access to the North Sea - Black Sea and Mediterranean Sea	358
3°3. The Rhône Naval ties to the North Sea and the Black Sea through Germany.....	361
6.1.4. The issue of the operation of river-based projects on Rhône	364
6.1.5. Hydraulic-agrarian projects in the Rhône Valley	366
1° Systematization - agglomeration.....	367
2° Irrigation.....	367
3° Land protection works.....	369
4° Other effects of Rhône's complex hydrotechnical projects on Rhône Valley's agriculture and economy	370
6.2. COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS IN PRUT RIVER BASIN. CONCEPTS, SOLUTIONS AND ACHIEVEMENTS	371
6.2.1. Natural background and existing projects. Basic data on the development issues, centered on the Prut River	371
1° Natural background and existing projects (year 2000).....	371
2° Quantitative and qualitative characterization of the Prut River waters. Water uses.....	372
6.2.2. Studies, concepts and solutions for the Prut River	372
1° Intervention of various specialists.....	372
2° The conception and intervention of Professor Eng. I. Andriescu-Cale.....	373
1/ Solving the hydrotechnical problems of the rivers Prut and Siret	373
2/ Concepts concerning the navigability of the Prut river in connection with the hydro-agrarian and energetic facilities.....	374
3/ Concepts and solutions regarding the development of the Prut and its own meadow	374
4/ Conceptions and solutions of Professor Eng. I. Andriescu-Cale, for the development of the Prut river tributaries and Prut-Siret interconnections and Prut - Nistru - Vistula - the Baltic Sea, for inter-european navigation.....	375
3° The concept of Eng. Tudor Viorel Blidaru, PhD, in the monitoring of the complex and optimum valuation through an Informational Center Iasi – Chisinau of the Prut River (on both banks), between the accumulation of the Stanca-Costesti and the spill in the Danube	376
1/ Opportunities offered by information technologies to support the rehabilitation of irrigation systems with Prut water source	376
2/ Current state of the issue of computerized dispatching of water resources (rivers) in Romania and research objectives	378
3/ Programs, equipment and information systems for irrigation projects.....	379
4/ Systems for hydrological analysis and optimization of water management at hydrographic basin level	381
5/ Informational technologies usable in irrigation and water management.....	381
6/ Conclusions.....	382
6.3. COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS IN DOBROGEA: NAVIGATION, ENERGY, HYDRAULIC-AGRARIAN (IRRIGATION), FOCUSED ON THE DANUBE - THE BLACK SEA CANAL (C.D.-M.N.)	383
6.3.1. Studies and realization of a triple priority main channel: navigation, irrigation and water supply for energy purposes Danube - Black Sea Canal (C.D. - M.N.). Example.....	383

1° Characteristics of water flow	384
2° Cross section of the channel.....	384
3° Channel water intake	386
4° Hydrotechnical nodes.....	386
5° The sea sluice-gate (Agigea).....	386
6° Connection of the canal with the new maritime port of Constanta-Agigea.....	386
7° The outlet of the affluent valleys in the Danube - Black Sea Canal	387
8° Operation of the Danube - Black Sea Canal.....	387
9° Channel flow and water capture at N.E. Cernavoda	389
10° Economic and hydraulic study of the locks	389
11° Study on the effort in the binding constraints of the computational convoy	389
12° Study of convoy navigation	389
13° Limiting hydraulic phenomena	389
14° Prevention and combat of salinisation of the channel water	389
15° Hydraulic studies for Cernavoda lock	389
16° Hydraulic studies for Agigea lock	390
17° Water intake for the nuclear power plant at Cernavoda, on the Danube	390
6.3.2. Hydro-technical scheme of the Carasu-Dobrogea Irrigation Complex. Overview.....	392
1° Hydro-technical scheme.....	392
2° Geomorphological zoning.....	392
3° Climate conditions.....	394
4° Pedoameliorative situation.....	394
5° Hydrogeology.....	394
6° Water source	395
7° Short description of existing works in the Carasu Complex, with the synoptic presentation of irrigation systems including the Negru Voda Canal	396
6.4. POSSIBILITIES OF INTERCONNECTION OF COMPLEX HYDROTECHNICAL PROJECTS FROM THE WESTERN EUROPE (FOCUSED ON RHÔNE - RHIN - DANUBE - ELBA AND THE NORTH SEA), WITH A DIFFERENT PROJECTS OR CONCEPTUAL SOLUTIONS IN THE CENTER - EAST SIDE OF EUROPE (FOCUSED ON THE BALTIC SEA - VISTULA - NISTRU - PRUT - DANUBE - THE DANUBE CANAL - THE BLACK SEA (CARASU) - THE BLACK SEA AND THE MEDITERRANEAN SEA.....	406
6.4.1. Conditions and possibilities of interconnection of the two hydrotechnical systems	406
BIBLIOGRAPHY	407
ANNEXES	427
Brief history of higher technical education in Moldova.....	429
Appreciations - through diplomas, medals and relevant works	433

SECȚIUNEA I

PROTECȚIA MEDIULUI

MĂSURI DE PROTECȚIE ANTIGEL, ANTIGRINDINĂ ȘI CICLICITATEA UNOR FENOMENE HIDRO-METEOROLOGICE: STUDIU DE CAZ – REVĂRSĂRILE DE APE DIN BANATUL DE SUD

1.1. IMPORTANȚA ȘI OPORTUNITATEA IRIGAȚIEI ANTIGEL ÎN ROMÂNIA

Studiul întreprins de meteorologul N. Topor arată, de exemplu, ca în Franța, în anul 1923, pagubele datorate înghețurilor au fost de 16 milioane franci, în cazul înghețurilor de toamnă, 4 milioane franci în urma înghețurilor de iarnă și 371 milioane franci provocate de înghețurile de primăvară.

Înghețurile de primăvară înscriu pagubele cele mai mari pentru că surprind plantele la începutul vegetației, când sunt mai sensibile sau în plină floare, putând distruge complet recolta. În anul 1945, un singur îngheț la sfârșitul lunii aprilie a produs în Elveția pagube de 27 milioane franci elvețieni la vii și 53 milioane la pomii fructiferi.

La 24 aprilie 1947, în Banat, temperatura scăzută însoțită de zăpadă a compromis culturile de grâu de toamnă (aflate în burduf și la început de înspicare), de secară (care era înspicată) și parțial recolta de fructe.

De asemenea, temperatura de -2°C și -3°C din 22/23 mai 1952 a provocat în toată țara pierderi la majoritatea culturilor. Bruma din 2 mai 1952 a provocat sterilitatea majorității florilor: culturile de bumbac au fost integral compromise; plantele de floarea-soarelui au ramificat puternic transformându-se în tufe cu multe capitule mici, datorită brumei care a distrus vârful vegetativ; plantațiile viti-pomicole au fost afectate considerabil. Pagubele datorate înghețurilor variază în funcție de starea de vegetație, faza de dezvoltare în care se găsește cultura și de intensitatea înghețului, scăderea producției putând ajunge, de la caz la caz chiar la 100%.

Chiar în bazinele pomicole cu climat favorabil (de exemplu, bazinul Geoagiu) s-a constatat că în unii ani (1952, 1955, 1957) mugurii floralii au fost în parte nimiciți de îngheț. În Câmpia Dunării, înghețurile târzii compromis total sau parțial recoltele de caise, cu o frecvență destul de mare, perioada analizată 1947-1957

fiind o mărturie. În primăvara anului 1968 s-au înregistrat pierderi însemnate în majoritatea bazinelor pomicole, prin trecerea bruscă de la un interval relativ călduros, în prima decadă a lunii aprilie, la perioade reci, cu temperaturi ce au coborât la -4°C și chiar la -6°C .

Concluziile ce se impun din cele expuse mai sus arată că:

- în general, plantațiile pomicole din țara noastră sunt expuse riscului la îngheț în anotimpurile de tranziție (AT), apărând astfel necesitatea protejărilor;

- zonele favorabile de cultură economică a diferitelor specii și soiuri pomicole – stabilite în baza studiului zonal al apariției înghețurilor în AT – pot fi extinse la adăpostul măsurilor de protejare, acțiuni de mare importanță pentru economia țării; se ridică astfel potențialul productiv al multor zone agricole ale țării, în aparență improprie pentru cultura anumitor specii și soiuri pomicole.

Irigația antigel, prin aspersiune, valorifică principiul fizic al degajării căldurii latente în timpul procesului de înghețare a apei (80 cal/l apă). Căldura degajată, rămânând sub pojghița de gheață pe care aspersiunea o formează în jurul mugurilor și ramurilor, le protejează până la temperaturi de -10°C , iar în condiții de vânt până la -4°C .

Irigația antigel datează, ca metodă practică rudimentară, din anul 1920 (fermierii, americani), iar ca obiect al cercetărilor științifice din anul 1951 (Germania – Institutul agronomic Marhoff construiește primele aparate în acest scop; Anglia – Stațiunea East Maling; Elveția – Centrul de agricultură Lausanne).

În Italia, primele experimentări de aspersiune antigel au fost făcute în anul 1963 în Nord (Alto Adige), iar în 1975 se aflau sub protecție 5.000 ha în Alto Adige și 2.000 ha în provinciile Trento și Calabria. Plantațiile sunt constituite din livezi de pomi și în cazuri mai rare de vii și plantații de citrice.

În România, plantațiile pomicole și viticole ocupând suprafețe importante, iar condițiile climatice fiind favorabile apariției de înghețuri în anotimpurile

de tranziție (AT), problema protejării contra acestor geruri (antigel) se pune cu insistență. Se știe că în agricultura noastră se folosesc, ca și în alte țări, metode fumigene antigel, care au atins diferite grade de perfecționare.

În lucrarea de față se va aprofunda „Irigația prin aspersiune antigel”, după ce în prealabil se vor analiza fenomenele de îngheț, efectele acestora și diversele metode de protejare, pentru a se putea justifica (obiectiv) avantajele „irigației prin aspersiune antigel” și a se fixa parametrii tehnico-funcționali și constructivi.

1.2. FENOMENELE DE ÎNGHEȚ ÎN ANOTIMPURILE DE TRANZIȚIE

Dintre factorii meteorologici limitativi de cultură și productivitate pentru speciile și soiurile pomicele și viticole temperatura și precipitațiile sunt preponderente.

Înghețurile puternice de iarnă nu sunt, în general, periculoase plantațiilor pomicele, acestea fiind adaptate (pregătite din timp) să suporte temperatura scăzută, iar zonarea diferitelor soiuri și specii se face în funcție de acest gen de adaptare.

Temperaturile scăzute, înghețurile din anotimpurile de tranziție (toamna și primăvara) sunt însă mult mai periculoase.

Astfel, înghețurile timpurii de toamnă, afectând aparatul foliaceu și ramurile tinere, provoacă leziuni ce împiedică pregătirea plantelor pentru iarnă. Înghețurile din primăvară, din timpul înfloririi în special, dar și din perioadele premergătoare (înfloririi), ca și imediat după înflorire, sunt considerate critice, atât din cauza conținutului ridicat de apă al țesuturilor și al sensibilității la frig a plantelor, cât și din cauza puternicelor fluctuații ale temperaturii din acest interval de timp.

Caracterul de desprimăvărare este dat pentru țara noastră de data trecerii temperaturilor medii zilnice ($t_{m.zi}$) ale aerului peste 10°C ; iar dacă se înregistrează mai multe zile consecutiv $t_{m.zi} > 10^{\circ}\text{C}$, declanșarea ieșirii plantelor din repausul de iarnă este asigurată.

Trecerea după acest moment a plantelor de la starea de repaus la activitatea vitală are drept consecință o scădere pronunțată a rezistenței plantelor la frig.

Scăderea temperaturii atmosferice, în această fază, sub anumite limite critice, determină înghețarea fluidului celular, cu transformări ireversibile în protoplasmă, producând astfel moartea celulei vegetale. Dacă înghețul și dezghețul au loc progresiv, unele țesuturi își pot recâștiga turgescența normală.

În țara noastră, datorită climatului cu un grad accentuat de continentalism (uscăciune), astfel de fe-

nomene se produc brusc, de la zi la noapte.

Pentru acest motiv sunt necesare măsuri de protejare a plantațiilor pomicele, în această perioadă, când:

- circulația sevei în plante este foarte intensă, celulele se multiplică rapid, sunt foarte sensibile la frig iar schimburile de căldură cu exteriorul sunt numeroase;

- plantele sunt slab protejate;

- transpirația plantelor se accelerează, această eliminare a apei ducând la răcirea plantei (evaporarea unui l de apă reclamă circa 600 kilocalorii).

Pagubele datorate înghețurilor variază în funcție de starea de vegetație, faza de dezvoltare în care se găsește cultura și de intensitatea înghețului.

1.2.1. CAUZELE PRODUCERII FENOMENELOR DE ÎNGHEȚ ÎN ANOTIMPURILE DE TRANZIȚIE ÎN ȚARA NOASTRĂ

Înghețurile care se produc în țara noastră, în anotimpurile de tranziție, sunt, de regulă, înghețuri nocturne (ne referim la „îngheț” măsurat la înălțimea coroanei sau a adăpostului meteorologic de 2 m și nu la „îngheț la sol”, când temperatura solului coboară la sau sub 0°C).

Fenomenele de îngheț din anotimpurile de tranziție sunt determinate de:

- invaziile de aer polar (arctic sau glacial), a cărui temperatură este mai coborâtă de $+1^{\circ}\text{C}$, chiar și în cursul zilei: *îngheț adactiv*;

- anumite circumstanțe particulare și locale legate de variația umidității aerului, a nebulozității, presiunii, intensității și direcției vântului, care acționează în sânul aceleiași mase de aer măbind radiația nocturnă a solului, fapt care duce la coborârea temperaturii până la punctul de îngheț: *îngheț de radiație*, nelegat de o invazie de aer anumit;

- invaziile de aer polar, a cărui temperatură este mai ridicată de $+1^{\circ}\text{C}$ ziua, dar care noaptea, datorită radiației, coboară sub 0°C : *îngheț adactiv – radiativ*.

Majoritatea înghețurilor de la noi, din AT, sunt de tipul adactiv–radiativ.

Masele de aer polar, chiar dacă ajung în două zile de la pol în țara noastră, se încălzesc pe drum și nu mai pătrund pe teritoriul țării noastre cu temperaturi negative decât în cazuri rare. Din acest moment, suprapunerea factorului radiativ peste fenomenul de răcire adactivă poate duce la apariția fenomenului de îngheț.

Acțiunea factorului radiativ și intensitatea fenomenelor pe care le poate genera depind de o serie de

condiții locale, ce se pot grupa în două complexe: natural și meteorologic.

1° Complexul natural (factorii locali și agrofitehnici)

Natura și proprietățile solului. Temperatura solului determină în mare măsură (influențează) temperatura paturilor de aer imediat vecine.

Astfel, solurile de culoare închisă (cu mult humus) au o putere de absorbție a căldurii mai ridicată decât cele de culoare deschisă (calcaroase), care reflectă într-o măsură mai mare razele soarelui. De aceea, noaptea solurile de culoare deschisă sunt mai expuse producerii înghețului decât cele de culoare închisă. La fel, solurile umede, ca și cele argiloase, se încălzesc mai greu decât solurile uscate sau cele nisipoase.

De exemplu, 100 kilocalorii încălzesc o cantitate de 100 kg sol: cu 5°C când acest sol este uscat cu 2,5°C când conține 20% apă, cu 1,4°C când conține 50% apă și numai cu 0,9°C când conține 90% apă. Din punctul de vedere al numărului de calorii necesare pentru a se ridica temperatura unui gram de sol cu 1°C, adică d.p.v. al capacității termice, nisipul reclamă 0,19 cal., solul luto-nisipos 0,22 cal., argila 0,233 cal., turba și humusul 0,477 cal., apa 1 cal., iar aerul 0,000306 cal. Cel mai ușor de încălzește deci aerul din sol și cel mai greu apa, solul ocupând o poziție intermediară, consumând, cum rezultă mai sus, de 4-5 ori mai puțină căldură decât apa.

Pe solurile umede, grele, fără structură, și evaporarea este mai activă, fapt care contribuie, de asemenea, la scăderea temperaturii (pentru evaporarea unui gram de apă sunt necesare 600 calorii la temperatura de 0°C).

Gerul datorat evaporăției se produce când solul este umed. Apă luând căldura, necesară evaporăției din mediul ambiant (sol, atmosferă, vegetație), provoacă o scădere a temperaturii. Astfel de geruri se întâlnesc frecvent în zonele de văi și lunci cu ape freatice aproape de suprafața solului.

Higroscopicitatea (proprietatea solului de a reține apa) face ca temperatura minimă să fie cu atât mai ridicată cu cât solul este mai higroscopic.

Capilaritatea influențează în mare măsură evaporarea, care contribuie la răcirea solului.

Deci solurile cu o mare capilaritate favorizează înghețurile nocturne, evaporarea pe aceste soluri fiind intensă.

Permeabilitatea favorizează, de asemenea, înghețurile nocturne, datorită faptului că solurile permeabile, fiind ușor traversate de apă, pierd repede căldura prin radiația nocturnă.

Orografia și particularitățile zonei. Orientarea terenului prezintă o mare importanță. Astfel, solurile

situate pe pante sudice se încălzesc cel mai mult în timpul zilei, iar cantitatea mare de căldură acumulată face ca pe aceste terenuri înghețurile să fie mai rare și mai puțin intense.

Solurile cu expoziție nordică, încălzindu-se mai puțin și mai încet, din cauza cantității mai reduse de căldură absorbită în timpul zilei și din cauza lungimii mari a intervalului lipsit de insolație, mai ales în cazul pantelor mari, înregistrează cele mai intense înghețuri târzii de primăvară și timpurii de toamnă.

Solurile situate pe pante orientate spre est se încălzesc de dimineață și încep să se răcească înainte de apusul soarelui.

Pe aceste soluri înghețurile se produc frecvent și au, în general, o durată scurtă, temperatura făcând salturi bruște în primele ore ale dimineții, dăunătoare plantațiilor.

Solurile situate pe pante orientate spre vest se încălzesc mai târziu dimineața, temperatura face salturi bruște în prima parte a nopții. Înghețurile sunt mai puțin frecvente, dar dacă se produc au o durată mai mare.

Panta terenului exercită, de asemenea, o influență importantă în producerea înghețului: solurile de pe terenuri plane (câmpii, platouri) sunt mai puțin expuse variațiilor bruște de temperatură, în comparație cu cele de pe terenurile accidentate.

Înghețurile cele mai frecvente și cele mai accentuate se produc în fundul văilor.

Explicația este următoarea: seara, pe timp calm, solul se răcește, răcind și aerul de deasupra, pe o înălțime egală și în vale, și pe versant, și pe vârf (platou). Cum temperatura în altitudine este scăzută, aerul de aici devine mai dens și începe să coboare și să se acumuleze în vale, unde ia locul celui mai cald și mai umed de aici.

Din cauza acestui fenomen, văile sunt mai des bânuite de înghețuri decât porțiunea mijlocie a pantelor; de aceea văile sunt evitate de către pomicultori și viticultori (fig. 1.1).

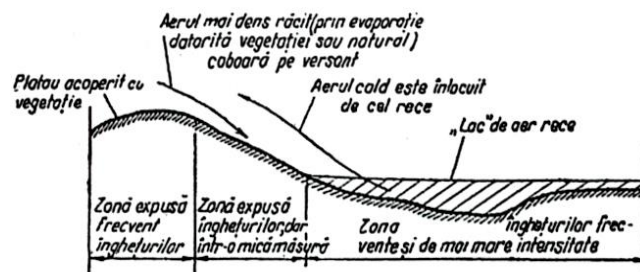


Fig. 1.1. Mecanismul producerii înghețurilor prin convecție locală (pe timp relativ calm)

Când vântul bate cu o intensitate mai mare de 4 m/s, înghețul se produce după alt mecanism: pe versantul din fața vântului, pe care aerul este obligat să ascensioneze, are loc o răcire adectivă a aerului cu

aproximativ 1°C pentru fiecare 100 m de urcare. La rândul său, vântul mărește și evaporatia. Pe versantul pe care aerul coboară se produce o încălzire adectivă a aerului și, în acest caz, înghețul nu se înregistrează (fig. 1.2).

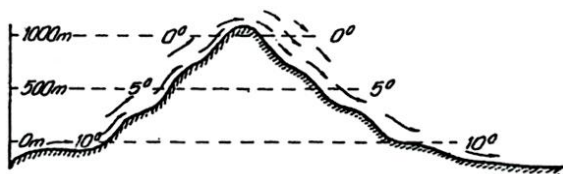


Fig. 1.2. Mecanismul producerii înghețurilor prin advecție generală (pe timp cu vânt puternic)

Factorii agro-fitotehnici. Solul pierde noaptea prin radiație o cantitate de căldură oarecare, transportată spre suprafață prin conductibilitatea moleculară.

Lucrările culturale, care modifică structura stratului superficial de sol (arat, grăpat, orice alte lucrări care afânează stratul arabil) influențează în sens pozitiv sau negativ fenomenele de îngheț, intensificând pierderile de căldură prin radiație, datorită împiedicării conductibilității termice spre suprafață (pierderile de căldură prin radiație nu pot fi compensate de către fluxul de căldură venit dinspre orizonturile mai adânci, în cazul acestor lucrări).

2° Complexul meteorologic (temperatura, vântul, nebulozitatea și ceața)

Variația temperaturii. Noaptea, solul se răcește mai repede decât aerul de deasupra lui, născându-se astfel o inversiune termică la sol (în apropierea solului temperatura crește cu înălțimea). Prin producerea inversiunii termice la sol, pe timp calm, fără vânt, mișcările verticale ale aerului se reduc considerabil, deci și schimbările de căldură între sol și aer.

Vântul. Când are o viteză mai mare de 4 m/s, vântul oprește formarea inversiunii termice la sol, duce la uniformizarea temperaturii solului cu cea a aerului de deasupra. Vântul cu viteză mai mică, până la 3-4 m/s, favorizează producerea fenomenului de îngheț în zonele joase ale văilor, existând posibilitatea de acumulare a aerului rece. Un vânt cu viteza depășind 4 m/s reduce posibilitatea producerii înghețului (de tip adectiv-radiativ, dacă temperatura masei de aer în tranzit este deja negativă).

Nebulozitatea. Gradul de acoperire al cerului cu nori, felul și înălțimea norilor au o mare influență asupra radiației nocturne (respectiv a înghețului nocturn). Scăderea nocturnă a temperaturii prin radiație este maximă în cazul cerului senin și minimă în cazul cerului acoperit de nori. Cu cât norii sunt mai joși, cu atât temperatura scade noaptea mai puțin. În cazul plafoanelor „0” metri (ceață), temperatura se menține uneori

(când lipsește vântul și de obicei lipsește în astfel de condiții) tot cursul nopții la aceeași valoare.

Ceața. Aerul cu un anumit conținut de vapori se încălzește, într-o oarecare măsură, datorită degajării de căldură lentă în procesul de condensare. Condensarea (formarea ceții) se produce în momentul când vaporii devin saturați. Dacă saturarea (formarea ceții) se produce înainte ca temperatura aerului să coboare sub 0°C , înghețul nu se mai produce. Deci ceața împiedică înghețul. Condiții pentru formarea ceții: vânt sub 4 m/s, cer senin. Cele prezentate mai sus au scos în evidență rolul pe care-l au diferiți factori în producerea înghețurilor târzii de primăvară sau timpurii de toamnă. De acești factori va trebui să se țină seama la aprecierea (calculul) cantității de căldură ce trebuie recuperată în plantații, prin aplicarea diferitelor metode de protecție a acestora.

1.2.2. ARIILE DE REPARTIȚIE A ÎNGHEȚURILOR ȘI A FRECVENȚEI ZILELOR CU ÎNGHEȚ ÎN ANOTIMPURILE DE TRANZIȚIE ÎN ROMÂNIA

Aria regională de răspândire a înghețurilor.

Situațiile orografice ale țării noastre și poziția ei geografică fac ca fenomenele de îngheț în anotimpurile de tranziție să se manifeste în mod diferit și cu frecvențe diferite pe teritoriul țării (fig. 1.3, 1.4, 1.5, 1.6).

Considerăm periculoase pentru pomicultură numai răcirile ce se produc în intervalul 1 aprilie – 31 octombrie (și din acestea îndeosebi cele de primăvară).

Repartiția teritorială și lunară a fenomenelor de îngheț se prezintă în țara noastră (N. Topor, 1958), conform celor arătate mai jos:

- în luna aprilie se produc înghețuri periculoase în toată țara. În regiunea deluroasă (cu cele mai multe plantații pomicole), frecvența înghețurilor este de peste 80% (fig. 1.3). Frecvența de 100% indică producerea de înghețuri și brume în luna aprilie a fiecărui an luat în studiu (în studiul de față, în cei 65 ani studiați de N. Topor: 1886-1950). Pentru luna aprilie, numărul zilelor cu răciri dăunătoare a variat, în cei 65 ani, între 8-29; deci în aprilie sunt cel puțin 8 dimineți în care se produc înghețuri într-o regiune sau alta din țară și cel mult 29 dimineți.

Pe teritoriul țării s-au înregistrat în cele 65 luni aprilie (din cei 65 ani studiați) 1.911 zile în diminețile cărora temperatura pe sol a coborât la sau sub 0°C , revenind la o medie de 18 zile lunar (tabelul nr. 1.1). Această frecvență trebuie înțeleasă de la un an la altul și nu pentru aceeași zonă din țară în același timp. Deci din tabelul nr. 1.1. rezultă că în zilele de 3, 4, 7, 9, 11

aprilie frecvența înghețurilor și a brumei este de cel puțin 80%. Din figura 1.3. rezultă că în zonele muntoase se produc în aprilie cele mai multe înghețuri cu peste 90% frecvență, în timp ce pe litoralul sudic, în Dobrogea și sud-vestul Câmpiei Olteniei, frecvența înghețurilor e mai mică de 60%. Zonele Iași – Bacău și București – Armășești se remarcă printr-o frecvență mare a înghețurilor în luna aprilie; la Iași – Bacău se înregistrează tot atâtea înghețuri cât și în zonele muntoase: Vatra Dornei, Sinaia, Petroșani;

- în luna mai, fenomenul de îngheț este de asemenea posibil în toată țara (exceptând câteva fâșii restrânse în Lunca Dunării și în Dobrogea), într-un procentaj ce variază de la 1 la 20% în zona de șes, și 20 la 40% în zona de deal, Platoul Transilvaniei și Nordul Moldovei (fig. 1.4).

- în luna septembrie, fenomenele de îngheț sunt posibile în țara noastră pe suprafețe destul de extinse, nu numai în regiunea de munte, ci și de deal și câmpie (fig. 1.5).

- în luna octombrie se pot produce înghețuri în toate regiunile țării; în unele zone frecvența acestui fenomen este destul de mare, depășind 50% și chiar 60% în zona de câmpie (fig. 1.6).

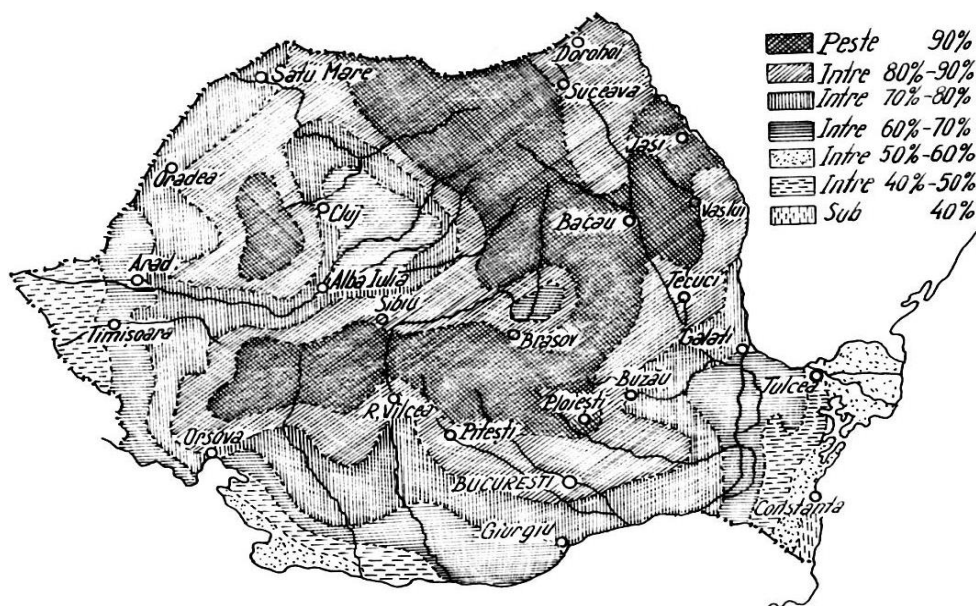


Fig. 1.3. Frecvența, în procente, a zilelor cu îngheț și brumă în luna aprilie (după N. Topor)

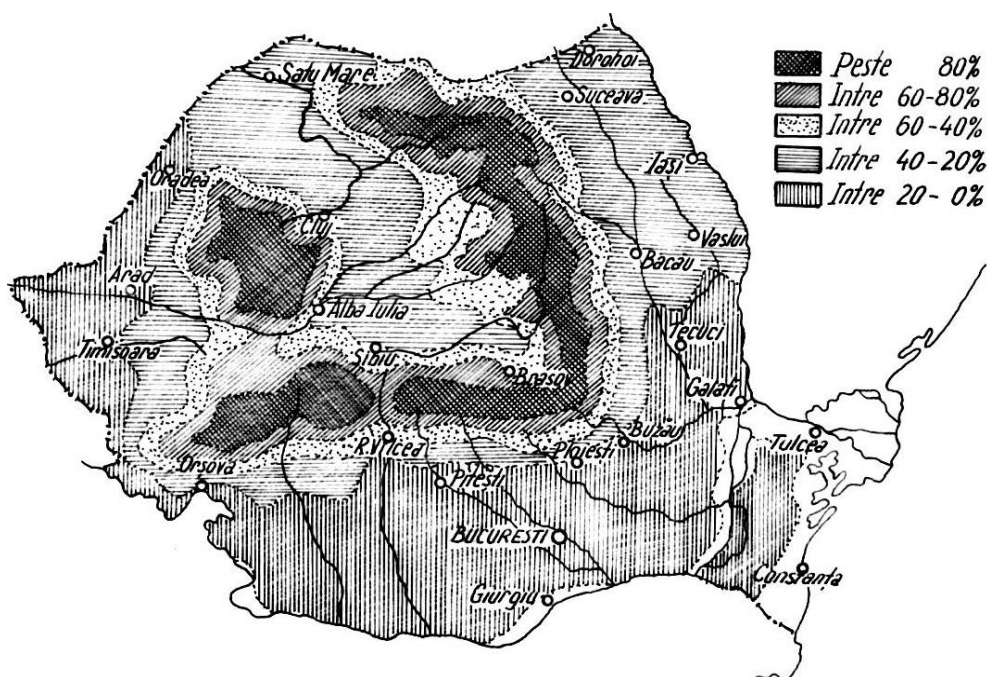


Fig. 1.4. Frecvența, în procente, a zilelor cu îngheț și brumă în luna mai (după N. Topor)

Tabelul nr. 1.1. Frecvența zilnică a răcirilor din luna aprilie (N. Topor, 1958)

Zilele lunii aprilie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Frecvența în număr de cazuri	51	48	55	55	51	51	52	51	52	42	52	45	41	43	42	38	41	38	40	32	29	29	32	28	31	27	31	23	23	18
În %	78	74	85	85	78	78	80	78	80	65	80	69	63	55	65	58	63	58	62	50	45	45	50	43	48	42	48	35	35	28

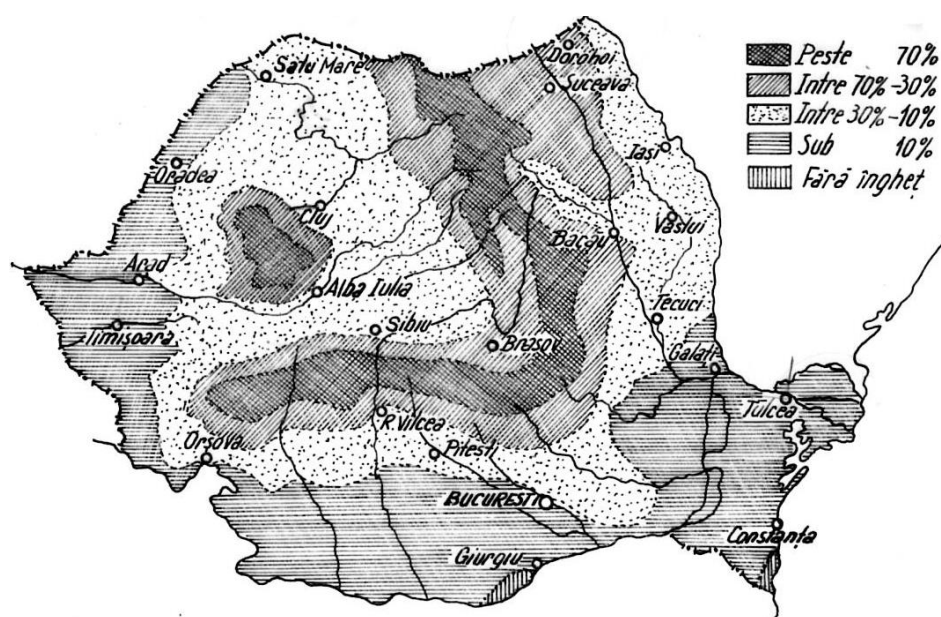


Fig. 1.5. Frecvența, în procente, a zilelor cu îngheț și brumă în luna septembrie (după N. Topor)

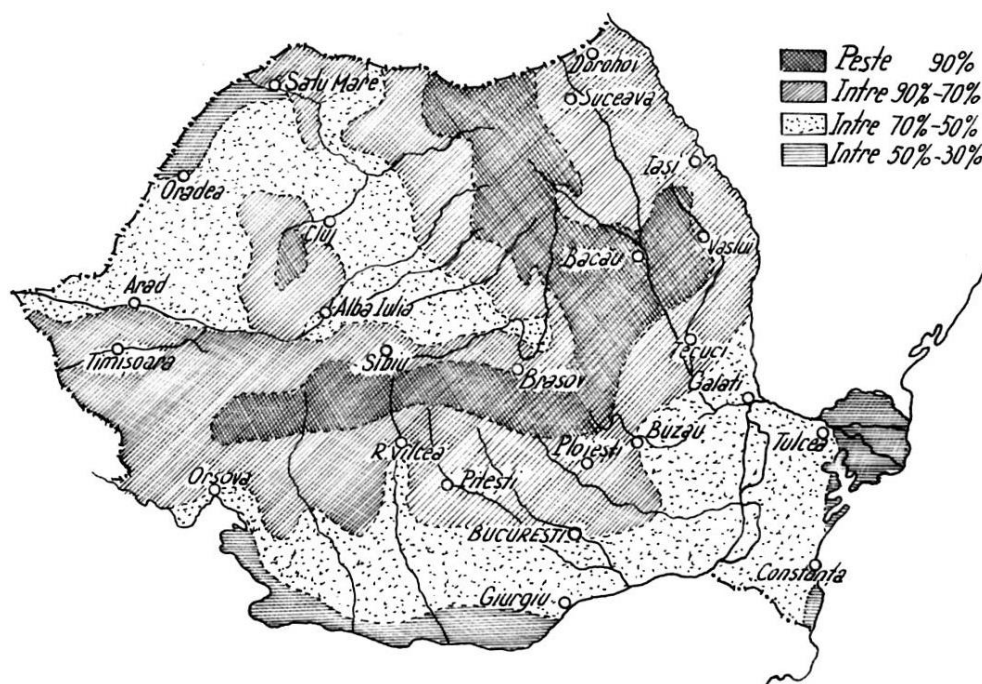


Fig. 1.6. Frecvența, în procente, a zilelor cu îngheț și brumă în luna octombrie (după N. Topor)

Aria microclimatică de răspândire a înghețurilor. Aceasta depinde de o serie de particularități locale.

Rolul altitudinii. Masele de aer arctic, care în mod obișnuit duc la apariția înghețurilor în țara noastră, având o densitate mare, se canalizează prin văile râurilor, unde de fapt se produce îngheț în cele mai multe cazuri.

Orientarea văilor în sensul liniei de curent al

maselor reci de aer ajută la propagarea condițiilor de formare a înghețului. Astfel este cazul văilor Siretului, Bistriței, Moldovei, care ajută la canalizarea aerului venit din nord, până la sud de Bacău. Văile orientate perpendicular pe linia de deplasare a aerului rece formează baraje pentru aria înghețului.

Despre rolul, în producerea înghețurilor, al orientării plantelor, al umezelii, naturii și culorii solului, nebulozității, vântului, ceții, s-a vorbit anterior.

Concluzii

- la înființarea plantațiilor pomicole, specialiștii se orientează îndeosebi asupra zonelor care le oferă o oarecare siguranță în ceea ce privește evitarea înghețurilor, în special de primăvară. În cuprinsul acestor zone sunt preferate versanții și culmile dealurilor (care se situează deasupra straturilor de aer rece ce se poate acumula pe văi);

- prin folosirea de măsuri eficiente și economice de protejare a plantațiilor, aceste arii de cultură a pomilor se pot extinde, ridicându-se potențialul productiv al multor zone naturale ale țării;

- măsurile de protejare se impun cu necesitate și în situația actuală, plantațiile pomicole existente fiind expuse riscului de îngheț în anotimpurile de tranziție.

1.2.3. METODE DE PROTECȚIE CONTRA ÎNGHEȚURILOR FOLOSITE ÎN PLANTAȚII

Pentru protejarea plantațiilor se pot folosi diverse metode de combatere sau de prevenire a fenomenelor de îngheț.

Metode agro-fitotehnice. Asemenea metode

constau în efectuarea, în plantații, de lucrări culturale ce produc modificări ale microclimatului din imediata vecinătate a solului sau care acționează direct asupra organismelor vegetale, prin modificarea ciclului de vegetație sau a stării celulei vegetale.

Lucrările culturale cu influență asupra microclimatului. Pe terenurile care datorită condițiilor locale orografice sunt mai expuse inversiunilor de temperatură, pe toată durata pe care este posibilă producerea înghețurilor și brumelor se evită lucrările care măresc suprafața radiativă și opresc conductibilitatea termică a solului (aratul, grăpatul, lucrarea cu cultivatorul). Se recomandă, în această perioadă, mulcirea, înlăturarea buruienilor.

Se poate chiar provoca întârzierea intrării în vegetație, folosind tăieri de vară la cais și supraaltoirea varietăților cu înflorire precoce cu varietăți care înfloresc târziu, lucrare recomandată îndeosebi la măr.

Tratamente biochimice, ce se aplică după diferite procedee, ca: aplicarea de îngrășăminte care măresc rezistența pomilor la îngheț și de substanțe care să întârzie intrarea în vegetație a soiurilor și speciilor pomice.

Lucrări de ameliorări, care constau în crearea și plantarea de soiuri rezistente la temperaturi scăzute, sau cu perioada de vegetație scurtă.

Perdele de protecție dese din arbori, care opresc în mare parte scurgerea maselor de aer rece. Acestea dau unele rezultate contra înghețurilor prin advecție (fig. 1.7).

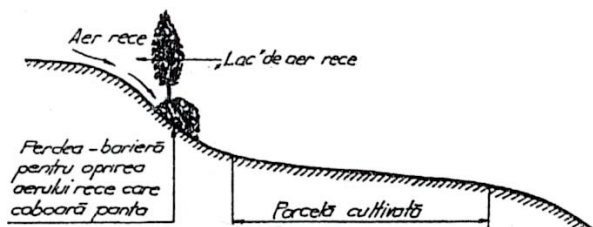


Fig. 1.7. Perdele de protecție destinate reducerii riscului de îngheț (după R. Delouvee)

Metode pentru atenuarea efectului radiației nocturne. Acestea constau în crearea de ecrane protectoare de durată limitată, formate din aerosoli: ceață, nori artificiali, perdele de fum, care opresc răcirea radiativă a solului și a aerului în contact cu el și contribuie – de fapt într-o măsură destul de mică – la ridicarea temperaturii aerului, prin căldura ce se degajă la formarea ceții și la crearea fumului (pentru condensarea unui gram de vapori de apă se degajă 597 calorii).

Metoda fumigației. Prin fumigație se micșorează

rează efectul radiației nocturne cu ajutorul unui ecran protector de aerosoli de durată limitată, generat de materiale fumigene, ca: elemente simple (resturi vegetale nefolosite în gospodărie); elemente perfecționate (rezultat al chimiei și tehnicii moderne).

Stratul de fum creat are dublu rol: de menținere a temperaturii mai ridicate în timpul nopții, iar dimineața acționează ca ecran de protecție împotriva razelor solare, ferind plantele răcite (sau înghețate) de acțiunea directă a razelor solare. Dezghețarea treptată poate salva celulele, prin recuperarea treptată a apei înghețate. Pentru reușita metodei trebuie ca: materialele utilizate să producă un fum persistent și greu, care să „îmbrace” pomii; fumul produs să nu fie dăunător pentru culturi și toxic pentru cultivatori; grămezile fumigene să fie amplasate corespunzător.

Dezavantajele metodei sunt: are efecte poluante; pe suprafețe mai mici de 20 ha nu dă rezultate optime, neputându-se realiza un microclimat specific și suficient de stabil din cauza aflului continuu de aer rece din jur, oricât de voluminos ar fi materialul fumigen consumat; în condiții de vânt mai puternic, metoda fumigației are efect redus.

Metoda de încălzire a mediului ambiant. Încălzirea aerului atrage după sine formarea curenților de convecție: aerul cald se ridică până întâlnește un strat de aer având aceeași temperatură și densitate, fiind înlocuit de cel rece din zonele neîncălzite (fig. 1.8).

Metoda încălzirii mediului dă rezultate bune numai în condiții de calm sau fără vânturi puternice.

Pentru încălzire se folosesc arzătoare cu foc direct (în care se ard combustibili lichizi: motorină, țiței, propan lichid, butan lichid) sau emițătoare de raze infraroșii (fig. 1.9).

În țara noastră a fost experimentat dispozitivul *Hy-Lo*, realizat de firma franceză Sefacal; acest dispozitiv arde motorină. Randamentul instalației se reduce pe măsură ce se consumă combustibil din rezervor. Pentru înlăturarea acestui neajuns, alimentarea se poate face cu combustibil sub presiune, gen sistemul „Total-gaz”, realizat de o firmă franceză.

Sistemul Totalgaz reîncălzește aerul prin arzătoare amplasate în apropierea solului, cu flacăra orizontală sau înclinată spre sol. În figura 1.10. se dă o

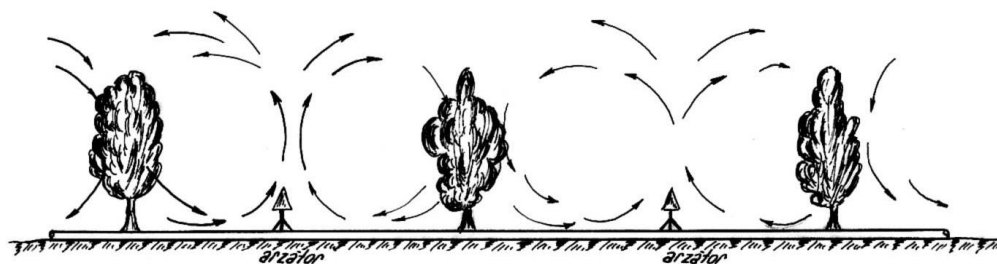


Fig. 1.8. Încălzirea mediului ambiant

instalație Totalgaz, amplasată într-o plantație. Arzătoare sunt alimentate cu propan lichid sub presiune. De menționat că nu este nevoie de un compresor pentru asigurarea presiunii; aceasta este asigurată de vaporizarea intensă a propanului lichid.

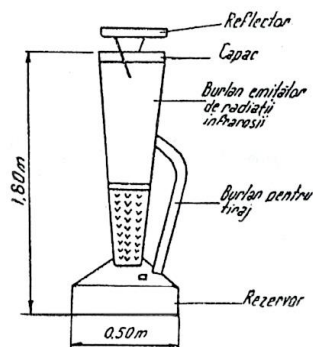


Fig. 1.9. Emițător de raze infraroșii

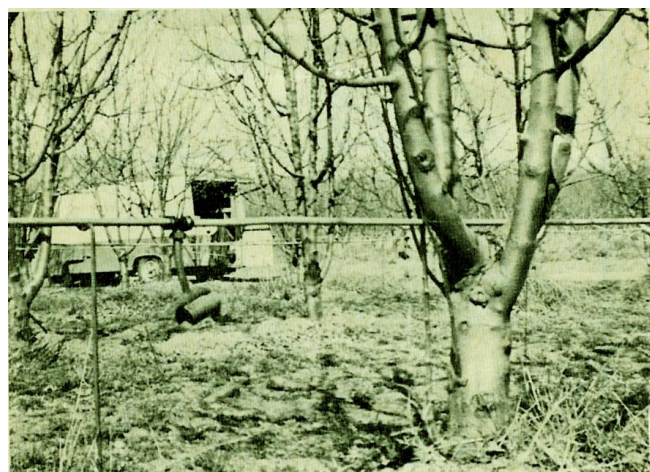


Fig. 1.10. Protejarea unei plantații prin încălzirea aerului cu instalația Totalgaz

Arzătoarele reglabile sunt prevăzute cu difuzoare (fig. 1.11), care asigură protejarea flăcării, aspirarea aerului rece ambiant și amestecul cu gazul combustibil și placarea amestecului spre sol.

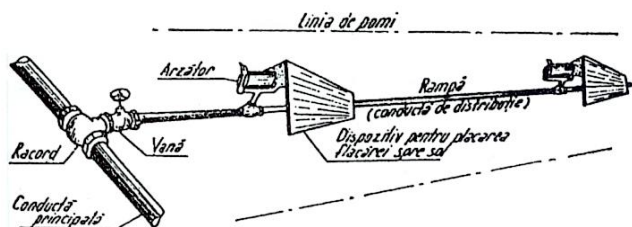


Fig. 1.11. Difuzoarele și arzătoarele pe conducta de distribuție a gazului

Aspirarea aerului rece și amestecarea cu gazul combustibil se asigură prin trompa arzătorului, construită pe principiul Venturi (fig. 1.12). Accelerarea fluidului motor (propan) provoacă o depresiune care antrenează aerul ambiant (fluidul inductor).

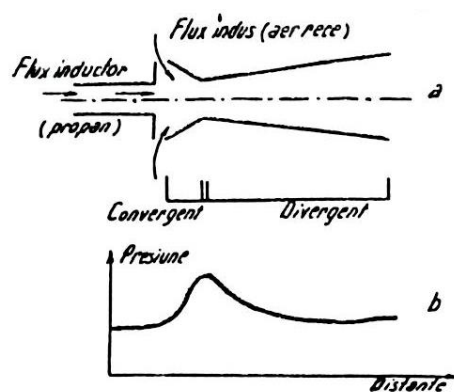


Fig. 1.12. Principiul de funcționare a arzătoarelor (după R. Delouee): a – schema trompei Venturi; b – variația presiunii într-o trompă Venturi

Instalația este relativ simplă și cuprinde (fig. 1.13):

- grupul de butelii sau un rezervor de 1,75-3 tone (fig. 1.13 a);
- ansamblul de declanșare (propanul este admis de către acesta în conductele rețelei numai când vaporii ating o anumită presiune) (fig. 1.13 b);
- rețeaua de conducte cu armăturile necesare unei corecte serviri;
- sistemul de automatizare a funcționării (porniri, opriri, funcție de temperatura aerului) (fig. 1.13 c).

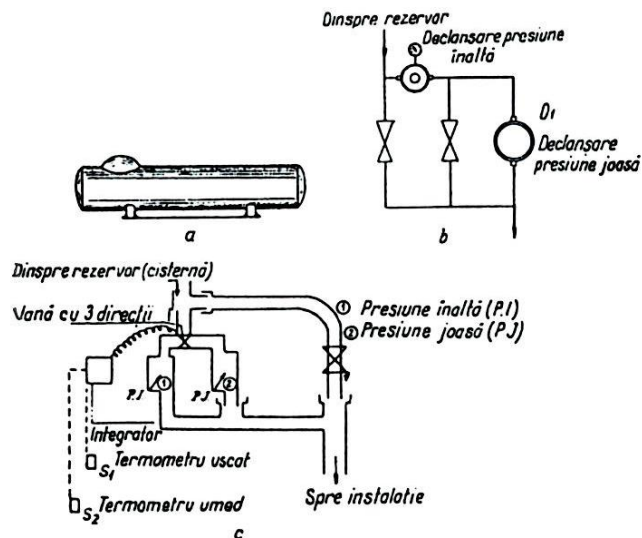


Fig. 1.13. Instalația antigel de tip „Totalgaz”: a – rezervorul de 1,7 t; b – ansamblul de declanșare; c – automatizarea punerii sub presiune

Metoda ventilării aerului. Constă în amestecarea păturilor răcite de aer din imediata vecinătate a solului cu cele mai calde de deasupra, urmărindu-se distrugerea inversiunii termice de radiație (care se produce în nopțile fără vânt în apropierea solului).

În cazul inversiunii termice la sol, temperatura crește cu înălțimea în stratul de inversiune termică, care

are o grosime ce variază de la câțiva metri la 200–300 metri.

Ventilarea aerului se face pe cale mecanică, cu ventilatoare speciale, de mare capacitate.

Metoda este posibilă, dar are o eficiență foarte scăzută pentru că masele de aer care trebuie deplasate sunt uriașe, necesitând instalații costisitoare, de mare capacitate și un consum mare de energie; nu se poate aplica decât în condiții de calm; nu se cunoaște precis înălțimea până la care se întinde stratul de inversiune termică.

Metoda umezirii mediului ambiant „aspersiunea antigel”. Metoda este indicată în cazul unor culturi valoroase și în zonele în care există sisteme de irigații (prin aspersiune).

În plantațiile pomicele din țara noastră, această tehnică are roluri multiple: antigel, completarea deficitului de apă al solului, aplicarea tratamentelor anti-parazitare, pentru climatizare, pentru fertilizare, pentru colorare.

Dacă temperatura aerului ambiant coboară sub 0°C , stratul de gheață care se formează pe muguri, flori, ramuri tinere, în urma aspersiunii, protejează cultura, cu condiția ca aspersiunea să nu se întrerupă nici un moment cât temperatura aerului se menține negativă.

Amestecul de apă-gheață (creat prin aspersarea continuă a apei cât se mențin temperaturi negative ale aerului) își păstrează temperatura la minimum 0°C atâta timp cât există apă cu gheață. Aceasta conduce la necesitatea de a menține aspersarea atât pe toată durata înghețului, cât și după aceea, până când țurțurii se tolesc, pentru dezghețarea treptată a organelor de protejat (muguri și flori îndeosebi) (fig. 1.14 și 1.15).

Pojghița de gheață care se formează are un dublu rol:

1) constituie un strat izolator, menținând la exterior o temperatură foarte apropiată de 0°C (temperatura minimă a amestecului apă – gheață);

2) o parte din căldura latentă specifică pe care o degajă apa în procesul de înghețare (80 calorii/gram apă 0°C), este cedată plantei, care se menține astfel la o temperatură de câteva grade peste zero, cu $2-4^{\circ}\text{C}$ mai ridicată decât temperatura amestecului apă – gheață din exterior.

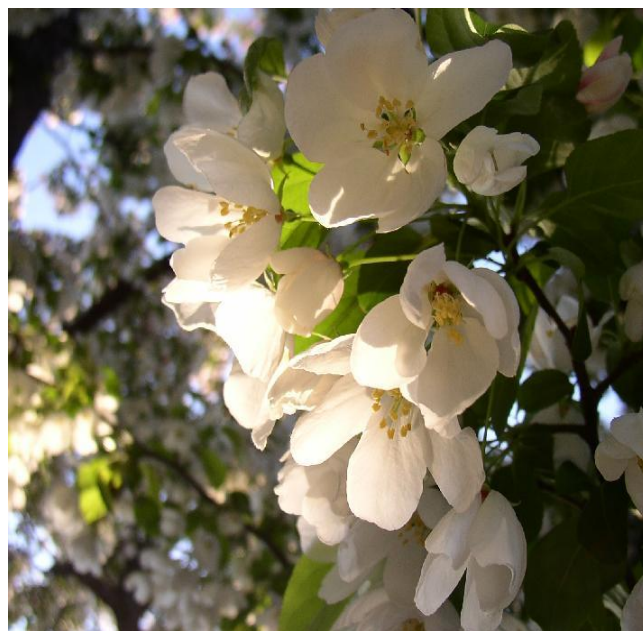
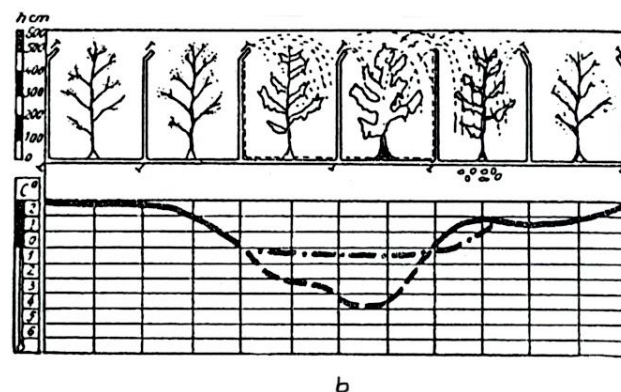
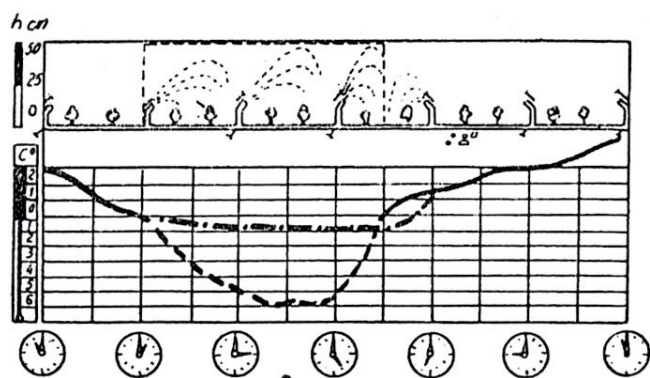


Fig. 1.15. Protejarea pomilor înfloriți prin pojghița de gheață creată prin aspersiune antigel

Volumul de apă aspersată trebuie să fie suficient pentru a se realiza pojghița de gheață protectoare.

Depășirea unei anumite limite – cum se va arăta în continuare – duce însă la formarea unui strat prea gros de gheață, care poate provoca ruperea mugurilor.

Metoda aspersiunii antigel prezintă avantaje, în comparație cu cele prezentate anterior, deoarece acționează direct și este eficientă, instalația de aspersiune fiind folosită și în alte scopuri (umectare, fertilizare, colorare etc.), indicii de eficiență sunt ridicați.



— Curba temperaturii până la îngheț - - - - - Curba temperaturii pe parcela protejată
- - - - - Curba temperaturii pe parcela neprotejată

Fig. 1.14. Programul de funcționare al instalației de aspersiune pentru protejarea culturilor contra înghețului:
a – pentru culturi de câmp; b – pentru plantații pomicele

1.3. TEHNICA ASPERSIUNII ANTIGEL ȘI BAZA DE CALCUL

1.3.1. CANTITATEA DE CĂLDURĂ CE TREBUIE RECUPERATĂ

Cunoașterea volumului de apă necesar irigării antigel (deasupra coroanei) constituie prima problemă, care este condiționată de factorii de mediu și plantă. În principiu trebuie adus un volum de apă care să acopere – prin degajarea căldurii în procesul de înghețare – cantitatea de căldură pierdută.

Rezultă deci că este necesară stabilirea, în prealabil, a cantității de căldură ce va fi recuperată prin aspersiunea antigel.

Cantitatea de căldură care se pierde, în cazul răcirilor nocturne, din momentul în care temperatura aerului atinge pragul minim admisibil (pragul rezistenței la ger al speciilor din plantația ce se protejează) trebuie recuperată prin metodele antigel enunțate, respectiv prin aspersiune, în cazul de față.

Fenomenul de îngheț fiind foarte complex, angajând numeroși factori, calculul intensității necesare a ploii, a volumului de apă și a celorlalte caracteristici hidro-funcționale se face în limite aproximative. Studiile experimentale, specifice diferitelor zone, vor fi singurele în drept să răspundă exact cerințelor de amenajare și exploatare a instalațiilor antigel.

Principalii factori care participă la scăderea temperaturii, în cazul răcirilor nocturne, sunt: evaporarea apei din sol, prin turbulență, radiația terestră și vântul.

Pierderile de căldură prin evaporare. Fenomenul evaporării, este destul de complex, aici interesează cazul particular în care se află solul saturat cu apă sau în care apa freatică se găsește la mică adâncime, participând activ la fenomenul de îngheț pe care-l analizăm. Cazul se referă în special la lunci, văi, depresuni, zone joase de la baza versanților (în lungul văilor), unde apa freatică este mai aproape de suprafață și unde de fapt se produc înghețurile cele mai puternice.

Cantitatea de căldură care se pierde prin evaporare Q este aproximată prin relația:

$$Q = G \cdot \lambda \quad [\text{cal/cm}^2 \cdot \text{min}] \quad (1.1)$$

în care:

λ – este căldura specifică de evaporare a apei (597 calorii) / gram°C);

G – viteza evaporării ($\text{g/cm}^2 \cdot \text{s}$), care după legea

lui Dalton este aproximată prin relația $G = A \frac{E - e}{p}$, în

care A este coeficient de proporționalitate, în funcție de viteza vântului;

E – tensiunea de saturație, corespunzătoare temperaturii suprafeței de evaporare (milibari);

e – tensiunea reală (actuală) la suprafața de evaporare (milibari);

p – presiunea atmosferică, corespunzătoare lui e și temperaturii menționate (milibari).

Pentru determinarea cantității de căldură ce trebuie recuperată, interesează de aici căldura ce se poate pierde prin evaporare din momentul în care temperatura aerului – la nivelul adăpostului meteorologic, 2 m – atinge pragul de 0°C; în acest moment temperatura solului este mai coborâtă în medie cu 1-2°C, fiind deci negativă. În asemenea situație, la suprafața solului se poate forma o crustă de gheață, evaporția micșorându-se; prin evaporarea apei din sol se pierde o cantitate de căldură mai mică în comparație cu cea pierdută prin radiație.

Pentru calcularea căldurii de recuperat, evaporarea trebuie să se ia în considerare indiferent ce valoare are, îndeosebi în cazul plantațiilor aflate pe terenuri ce au apa freatică la adâncimi mici.

De efectul evaporării ar trebui să se țină seama și în timpul aspersiunii antigel, altfel se riscă să nu se realizeze protecția până la pragul de temperatură urmărit (în funcție de care se determină intensitatea ploii antigel).

Newmann precizează că pierderea de căldură a unei suprafețe acoperită cu gheață (32°F)*, depinde, la umiditatea relativă de 100%, de viteza vântului (V_v) și temperatura aerului (t_a). Pentru $V_v = 11,7$ m/min (39 pic/min) și $t_a = 28,4^\circ\text{F}$, cantitatea de căldură ce se pierde este de 2,20 BTU*/pic²/oră; la umiditatea relativă de 90% valorile sunt cu 25% mai mari decât cele citate și cu aproximativ 50% mai mari în cazul umidității relative de 80%.

Newmann a calculat (1957) că pierderea de căldură prin evaporatie poate crește cu 50% dacă punctul de rouă scade de la -5°C (100% umiditate relativă) la -8°C (18°F) (80% umiditate relativă), în condițiile: temperatura aerului fiind de -5°C (23°F), iar temperatura la care trebuie protejată plantația este de 0°C.

Intensitatea precipitațiilor, cerută de o cultură, crește după cum punctul de rouă al aerului înconjurător descrește. Acest efect, demonstrat în experiențele de laborator ale lui Rogers (1954), Pogrell și Kidder (1959), Perraudin (1961), a fost analizat și comparat și în condiții de câmp de către Rogers (1954), Businger (1955), Perraudin (1961) și Rogers cu Modlibowska (1962).

În condiții de vânt, în timpul aspersiunii antigel acoperirea frunzelor cu gheață se poate face chiar și când temperatura aerului, la nivelul plantei, este dea-

* 32°F = 0°C; 1 pic² = 9,29 dm²; 1 B.T.U = 252 calorii

supra temperaturii de înghețare a apei: aceasta din cauza evaporării.

Cantitatea de apă evaporată va fi în funcție de viteza vântului, umiditatea relativă a aerului și temperatura suprafeței de evaporare (R.Z. Wheaton).

În condiții de nesaturare a vaporilor aerului, tensiunea lor actuală (e) este în funcție de umiditatea relativă: $e = f(U_r \%)$.

În condiții de saturare, aceasta (e) este în funcție de temperatura vaporilor: $e = f(T)$.

Pentru exprimarea legăturii dintre diferența presiunii vaporilor în condiții de saturare-nesaturare și evaporare, R.Z. Wheaton prezintă următoarea relație:

$$E = C(e_w - e_a)$$

în care:

E este evaporarea;

e_w – presiunea vaporilor apei (tensiunea de saturare a acestora);

e_a – presiunea vaporilor aerului (cea actuală);

C – constantă care ține seama de variațiile vitezei vântului și presiunii atmosferice.

Cele de mai sus arată cât de important este efectul evaporării asupra temperaturii. Studiul controlului temperaturii prin aspersiunea antigel trebuie să țină seama de acest important factor, care contribuie la scăderea temperaturii.

Factorii care se opun scăderii temperaturii aerului, într-o oarecare măsură, sunt: procesele de condensare a vaporilor de apă din atmosferă, radiația atmosferică și transportul căldurii prin conductibilitate moleculară din orizonturile adânci ale solului spre suprafață.

Variațiile de căldură prin procese de condensare. Trecerea apei din faza de vaporii în faza lichidă sau solidă se face cu degajare de căldură. Vaporii de apă din atmosferă se pot transforma în stare lichidă sau solidă când, la nivelul la care se produce condensarea sau sublimarea lor, se realizează starea de saturație.

Starea de saturație necesară pentru începerea procesului de condensare se obține în atmosferă, fie în urma scăderii temperaturii, fie din cauza aflului suplimentar de vaporii de apă către volumul de aer în care se produce condensarea.

Scăderea temperaturii masei de aer se poate produce în cazul înghețurilor nocturne datorită răcirii prin radiație și schimbului de căldură turbulent sau molecular cu masele de aer vecine și cu suprafața terestră. Însă, prin producerea inversiunii termice de radiație la sol (frecventă în asemenea cazuri), mișcările verticale ale aerului se reduc considerabil în stratul atmosferic de lângă sol și schimburile de căldură între sol și atmosferă pot fi considerate neglijabile.

Condensarea vaporilor de apă, în măsura în care interesează acum, se poate produce direct pe suprafața

terestră (condensarea la sol) și în stratul atmosferic de lângă sol (cețurile).

Condensarea la sol. În condițiile meteorologice ale înghețurilor nocturne de primăvară, vaporii de apă aflați în apropierea suprafeței terestre se condensează pe sol, pe vegetație, formându-se produse de condensare: roua, bruma, chiciura.

Prin scăderea temperaturii aerului până la punctul de rouă, vaporii de apă din atmosferă ating starea de saturație. Dacă scăderea temperaturii continuă, începe condensarea vaporilor de apă.

Dacă răcirea suprafeței terestre și a vegetației se produce sub 0°C , atunci are loc sublimarea vaporilor de apă sub formă de cristale de gheață, formându-se astfel roua solidă sau bruma.

Procesul are loc cu degajare de căldură. Problema cantității de rouă ce se formează a fost studiată de M.E. Berleaud pe baza ecuațiilor schimbului de căldură și umiditate în stratul atmosferic de lângă sol:

$$W = \int_0^1 u_1 dt \quad (\text{g/m}^2) \quad (1.2)$$

în care:

W este cantitatea de rouă care se formează în timpul t ;

u_1 – viteza cu care se formează roua ($\text{g/m}^2\text{oră}$).

Pentru condițiile:

$e = 6 \text{ mb}$ – tensiunea actuală a vaporilor la sol, care în acest caz este foarte apropiată de tensiunea de saturație pentru temperatura aerului de 0°C , adică de $E = 6,11$ milibari;

$u = 1-2 \text{ m/s}$ – viteza vântului;

$t = 8 \text{ ore}$ – timpul în care s-a format cantitatea de rouă;

$B = 0,163 \text{ cal/cm}^2\text{min}$ – radiația efectivă, aici radiația nocturnă,

cantitatea de rouă care se poate forma este:

$$W = 67,2 \text{ g/m}^2$$

Cantitatea de căldură care se degajă este:

$$Q = \frac{\lambda_s \cdot W}{t} \quad (\text{cal/cm}^2\text{min}) \quad (1.3)$$

în care:

$\lambda_s = 677 - 0,36 t^\circ\text{C}$ – căldură specifică latentă de sublimare; presupunând cu o bună aproximație că toți vaporii de apă sublimază, formând roua solidă:

$$W = 67,2 \text{ g/m}^2 = 672 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^2 \text{ și}$$

$$t = 8 \text{ ore} = 8 \cdot 60 \text{ min,}$$

deci:

$$Q = \frac{677 \cdot 672 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 60} = 0,568 \text{ cal/cm}^2\text{min.}$$

De aici se observă că rolul pe care îl are roua în protecția plantelor contra înghețurilor este neînsemnat, întărind astfel afirmațiile lui M.E. Berleaud în aprecii-

erea din punct de vedere cantitativ a creșterii temperaturii aerului și solului ca efect al formării brumei.

Ceața. Este rezultatul condensării vaporilor de apă din atmosferă, în apropierea imediată a suprafeței terestre (în stratul de lângă sol). Pentru a se începe formarea ceții este necesar ca aerul să atingă starea de saturație (în ceea ce privește vaporii), iar pentru formarea ei trebuie ca în aer să se condenseze o anumită cantitate de vaporii de apă.

S-a constatat că până la temperaturi foarte joase (de aproximativ -20°C , -25°C), majoritatea cețurilor sunt formate inițial exclusiv din picături de apă și numai după aceea se transformă în cețuri de gheață.

Condițiile fizice directe ale formării cețurilor sunt: existența nucleelor de condensare în atmosferă; creșterea conținutului de umezeală al aerului sub influența evaporării apei de pe suprafața terestră și a amestecului orizontal și vertical (schimb turbulent); scăderea temperaturii aerului (de care depinde scăderea umezelii absolute maxime).

Alte condiții care rezultă din cele prezentate mai sus sunt: cer senin și stratificare stabilă moderată, cu vânt slab.

Cețurile ce se pot forma în cazul de față sunt în-deosebi cețuri de radiație.

Pierderea căldurii de către suprafața terestră, sub influența radiației, constituie cauza principală în ceea ce privește răcirea aerului și formarea ceții de radiație. Pentru formarea ceții este necesar ca aerul să se răcească sub punctul de rouă, în așa măsură încât să se condenseze o anumită cantitate de vaporii de apă.

Punctul de rouă este temperatura la care trebuie răcit aerul umed, sub presiune constantă și un conținut constant de vaporii, pentru a obține saturarea în raport cu o suprafață de apă.

Cantitatea de căldură care se degajă la formarea ceții (prin condensarea vaporilor de apă) se stabilește aproximativ prin relația:

$$Q = \frac{\Delta_s \cdot \lambda_c}{t} \quad [\text{cal/cm}^2\text{min}] \quad (1.4)$$

în care:

Q este cantitatea de căldură care se degajă;

Δ_s - debitul de apă al ceții (masa picăturilor de apă din unitatea de volum sau de masa de aer);

λ_c - căldura latentă specifică de condensare;

$\lambda_c = 957 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ la 0°C ;

t - timpul în care se produce scăderea temperaturii și condensarea continuă a vaporilor.

$$\Delta_s = \frac{622 \cdot \Delta E}{p}$$

unde:

ΔE este variația tensiunii vaporilor (de saturație)

la scăderea temperaturii de la $t_1 = 0^{\circ}\text{C}$ [$E_1 = 6,11$ mili-bari] la $t_2 = -10^{\circ}\text{C}$ [$E_2 = 2,86$ mc]: $\Delta E = E_1 - E_2 = 6,11 - 2,86 = 3,25$ mc;

p - 1000 mb (presiunea mediului, la care presupunem că se face condensarea), deci:

$$\Delta_s = \frac{622 \cdot 3 \cdot 25}{1000} = 2,03 \text{ g/kg de aer}$$

Raportând debitul de apă al ceții la unitatea de volum de aer: $\rho_{va} = \rho_{usc} \cdot 0,622$ (la aceeași presiune și temperatură, densitatea vaporilor de apă reprezintă $5/8 = 0,622$ din densitatea aerului uscat);

$$\rho_{usc} = 1,293 \text{ kg/m}^3$$

deci:

$$\rho_{va} = 0,622 \cdot 1,293 = 0,805 \text{ kg/m}^3$$

deci:

$$\Delta_s = \frac{2,03}{1} = \frac{2,03}{1,24} \text{ g/m}^3 \text{ aer}$$

$$0,805$$

Admițând înălțimea de protejat, în care considerăm că se formează ceață $H = 4$ m, se poate obține debitul de apă al ceții ce ar corespunde unității de suprafață de teren:

$$\Delta_s = \frac{2,03}{1,24} = \frac{2,03}{0,31} \text{ g/m}^2 = \frac{2,03}{3100} \text{ g/cm}^2$$

$$4$$

În aceste condiții, cantitatea de căldură ce se degajă, pentru $t = 5$ ore, calculată cu relația dată, este:

$$Q' = \frac{2,03 \cdot 596}{3100 \cdot 300} = 0,0013 \text{ cal/cm}^2\text{min}$$

Cantitatea de căldură care se degajă prin condensul vaporilor de apă în stratul atmosferic de lângă sol fiind foarte mică, în comparație cu cea care se pierde prin radiație, rezultă că rolul acesteia în protecția plantelor contra înghețurilor este neînsemnat.

Trebuie totuși menționat faptul că în anumite condiții ceața poate împiedica sau cel puțin întârzia înghețul, care va avea astfel o durată mai scurtă, fiind necesare, în consecință, cantități de apă mai mici, pentru protecție.

Scăderea temperaturii prin radiație, după cum se va vedea, este cu atât mai mică, cu cât plafonul norilor este mai scăzut. În cazul plafonului zero metri (ceață), temperatura se poate menține uneori în tot cursul nopții la aceeași valoare. Deci, în această direcție este important faptul dacă saturarea aerului cu vaporii (pentru formarea ceții) se produce înainte ca temperatura aerului să coboare sub zero grade.

Schimbul de căldură prin turbulență între suprafața terestră și atmosferă. Fluxul caloric turbulent Q_0 la nivelul suprafeței terestre, datorat mișcărilor haotice ale particulelor de aer sau amestecului turbulent

al acestora, este:

$$Q_0 = cpA \frac{\partial T}{\partial Z} \quad (1.5)$$

în care:

cp este căldura specifică a aerului, la presiunea constantă;

A - coeficientul amestecului turbulent;

$\frac{\partial T}{\partial Z}$ - gradientul termic vertical; arată variația

temperaturii cu înălțimea.

Pentru determinarea gradientului termic vertical, în diferite condiții meteorologice și deasupra diferitelor soluri, se pot face măsurători, prin echiparea stației meteo – antigel cu aparataj adecvat.

Cunoscând acest gradient termic în apropierea solului, se va putea determina cu mai multă precizie cantitatea de căldură care se pierde în cazul răcirilor nocturne.

Schimbul de căldură turbulent între suprafața solului și aer nu are loc întotdeauna. În cazul răcirilor nocturne, pe cer senin mai cu seamă, solul se răcește mai repede decât aerul de deasupra lui. Din măsurătorile efectuate simultan la suprafața solului și la 2 m înălțime (în adăpostul meteorologic), s-a constatat o diferență medie de la 1-2°C între valorile de temperatură înregistrate în cazul răcirilor nocturne din anotimpurile de tranziție.

Astfel, când temperatura solului scade la suprafață până la 0°C sau sub această valoare, temperatura măsurată în adăpostul meteorologic era superioară celei de zero grade. În felul acesta se naște o inversiune termică la sol.

Prin apariția păturii de inversiune termică la sol (pe o înălțime de la 1-2 și până la 200-300 m), temperatura aerului crește în înălțime (gradientul termic este

negativ: $\frac{\partial T}{\partial Z} < 0$).

Prin producerea inversiunii, mișcările verticale ale aerului se reduc considerabil și din acest moment schimburile de căldură între sol și aer pot fi considerate neglijabile (în condiții fără vânt).

*Pierderile de căldură prin radiație.***) Ziua, ra-

* Partea din radiația terestră care determină condițiile echilibrului termic la suprafața solului. Reprezintă diferența dintre intensitatea radiației terestre R_T și suma dintre intensitatea radiației solare primare la sol R_S (ținând seamă, astfel, de absorbția de radiații în atmosferă), intensitatea radiației atmosferice termice R_A și intensitatea radiației atmosferice împrăștiată R_D :

$$R_E = R_T - (R_S + R_A + R_D)$$

Intensitatea radiației efective se exprimă în cal/cm²min. Ea are o variație periodică diurnă și o variație periodică anuală, fiind uneori pozitivă (când pământul pierde mai mult decât primește și temperatura la sol e în scădere), iar alteori negativă (pământul primind mai mult decât pierde și temperatura la sol fiind în creștere). În timpul nopții $R_S = R_D = 0$, iar diferența $R_E - R_T$ este pozitivă.

zele solare încălzesc pământul, iar acesta, la rândul său, încălzește atmosfera. Pe de altă parte, pământul și atmosfera radiază corespunzător temperaturilor lor, atât ziua cât și noaptea.

Radiația terestră și cea atmosferică au o influență directă asupra temperaturii aerului. Noaptea, radiația efectivă (nocturnă în acest caz) este:

$$R_N = R_T - R_A \quad (1.6)$$

în care:

R_T este radiația terestră, emisă de pământ, considerat ca un emițător termic. Pământul nu este un corp absolut negru (albedoul său este diferit de zero), distribuția energiei în spectrul radiației terestre nu corespunde cu distribuția energiei în spectrul corpurilor absolute negre, dar se poate considera, cu suficientă precizie pentru calculele de față, că pământul radiază practic ca un corp negru.

Intensitatea totală R_T a radiației emise de pământ se poate calcula cu expresia Stefan-Boltzman:

$$R_T = \sigma T^4 \quad (1.7)$$

în care:

T este temperatura absolută a solului (°K),

$\sigma = 8,14 \cdot 10^{-11}$ cal/cm²min.grad⁴ (constanta radiativă Stefan-Boltzman).

Păturile de aer între sol și 1 km înălțime absorb radiația terestră cu lungimea de undă între 5 și 8μ și dincolo de 13μ. Între 8 și 13μ nu se produce nici o absorbție și radiația pământului traversează atmosfera fără a suferi vreo extincție sau absorbție. Datorită acestei ferestre spectrale, pământul se răcește în timpul nopții.

Pentru estimarea radiației atmosferice se pot folosi relațiile R_A și R_{AN} :

$$R_A = \sigma T^4 (a + b \sqrt{e}) \quad (1.8)$$

după D. Brunt, pentru cazul cerului senin, și în care:

e este presiunea actuală a vaporilor aerului la sol;

$a = 0,44$, constantă;

$b = 0,08$, constantă;

T = temperatura absolută a atmosferei (°K);

$\sigma = 8,14 \cdot 10^{-11}$ cal/cm².grad⁴ (constanta radiativă).

$$R_{AN} = \sigma T^4 - \lambda (\sigma T^4 - R_A) \quad (1.9)$$

după A. Angström și S. Asköf, pentru cazul cerului acoperit cu nori, și în care:

R_A este valoarea intensității radiației atmosferice pe cer complet senin;

T – temperatura atmosferei;

λ – o constantă care depinde de înălțimea norilor;

$\lambda = 0,25$ pentru plafon nori 3 km

Prezența norilor pe cer are ca efect reducerea

Această diferență, numită *radiația nocturnă*, nu depășește, de regulă, 0,3 cal/cm²min. Intensitatea radiației efective se măsoară cu *pirgeometrul*.

radiației nocturne; aceasta (reducerea) scade cu creșterea înălțimii norilor. Norii absorb și în „fereastra spectrală” dintre 8 și 13 μ .

Radiația nocturnă este fără excepție pozitivă (radiația efectivă poate fi și negativă, dar în timpul zilei).

Aceasta arată că solul pierde mai multă energie decât primește, ceea ce înseamnă că temperatura lui și implicit cea a aerului, în contact cu el, scade.

Pentru a se putea urmări cu ușurință în ce limite poate varia radiația nocturnă în diferite condiții meteorologice, s-au efectuat o serie de calcule în baza relațiilor prezentate și s-au întocmit nomogramele pentru „determinarea fluxului caloric radiativ”.

Calculule ce au condus la nomogramele din figurile 1.16 și 1.17 s-au referit la determinarea:

- radiației terestre R_T (cal/cm² min);
- limitele maxime ale e (tensiunea de saturare a vaporilor aerului la sol);
- presiunea actuală a vaporilor aerului la sol, pentru diferite valori ale temperaturii și umidității relative;

- radiația atmosferică pentru cazul cerului senin

$$[R_A = \sigma T^4 (a + b \sqrt{e}), \text{ cal/cm}^2 \text{ min}];$$

- radiația atmosferică pentru cazul cerului noros, plafon nori 3 km

$$[R_{AN} = \sigma T^4 - \lambda (\sigma T^4 - R_A) \text{ cal/cm}^2 \text{ min}].$$

Cu aceste relații de bază s-au determinat valorile:

- radiației nocturne pentru cazul cer senin

$$R'_N = R_T - R_A;$$

- radiației nocturne pentru cazul cer noros, plafon nori 3 km

$$R''_N = R_T - R_{AN} \text{ în kcal/m}^2 \text{ -oră}$$

S-a considerat necesar să se cunoască numai radiația nocturnă emisă din momentul în care temperatura aerului, la nivelul adăpostului meteorologic (la 2 m înălțime de la sol), atinge pragul de 0°C. În acest moment, temperatura solului este mai coborâtă în medie cu 1-2°C (deci negativă).

Radiația atmosferică s-a calculat pentru diferite valori ale temperaturii aerului și ale umidității relative a aerului (căreia îi corespund diferite valori ale presiunii actuale e a vaporilor aerului la sol).

Umiditatea relativă a aerului, în funcție de presiunea actuală e a vaporilor la sol, s-a calculat prin:

$$U_r = \frac{e}{E} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1.10)$$

în care:

E este tensiunea de saturație a vaporilor la sol, care variază cu temperatura astfel:

$$\lg E = 9,4051 - \frac{2353}{T} \quad (\text{v. L.T. Matveev, „Me-}$$

teologia generală”, pag. 294).

S-a considerat că dacă e variază între 0 mb și valoarea tensiunii de saturație E a vaporilor aerului pentru a anumită temperatură, atunci umiditatea relativă a aerului, la aceea temperatură, variază între 0 și 100%.

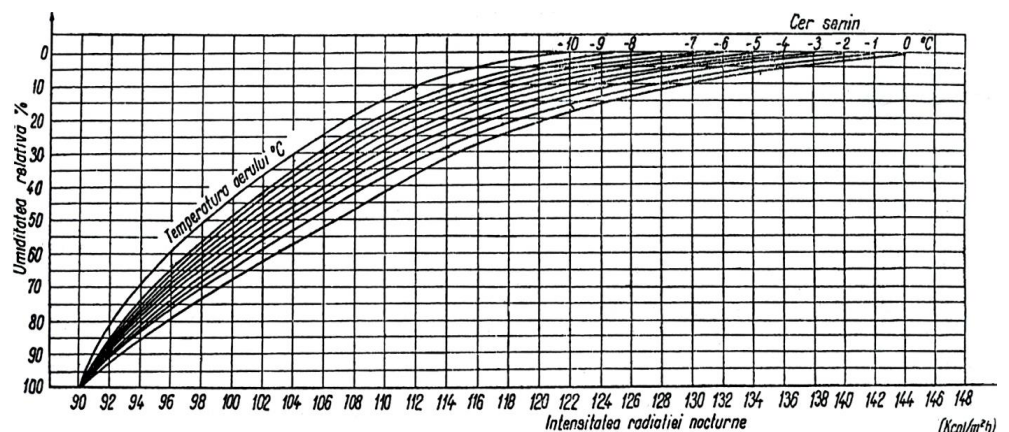


Fig. 1.16. Nomogramă pentru determinarea fluxului caloric radiativ (cantități de căldură ce se pierd prin radiația nocturnă) în cazul „cer senin”, în funcție de temperatura și umezeala aerului, temperatura solului se consideră cu 2°C mai joasă, în orice moment

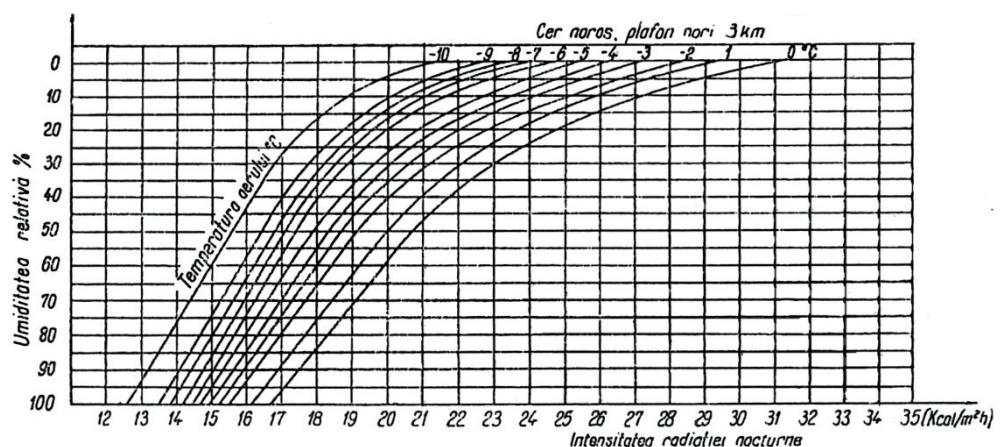


Fig. 1.17. Nomogramă pentru determinarea fluxului de radiație (cantități de căldură ce se pierd prin radiație) în cazul „cer noros”, plafon nori 3 km, în funcție de temperatura și umezeala aerului, temperatura solului se consideră cu 2°C mai joasă, în orice moment

Se mai menționează că dacă saturația aerului ($U_r = 100\%$; $e = E$) se produce înainte ca temperatura lui să coboare sub 0°C , ceața astfel formată face ca temperatura aerului să se poată menține în tot cursul nopții la aproximativ aceeași valoare la care s-a produs saturarea.

Intensitățile radiației nocturne ($\text{cal}/\text{cm}^2\text{min}$ sau $\text{kcal}/\text{m}^2\text{oră}$) s-au determinat pentru diferite temperaturi ale solului, aerului și umidității relative.

În toate cazurile, după cum s-a menționat, s-a ținut seama de faptul că temperatura solului este în fiecare moment, în medie, cu 2°C mai mică decât temperatura aerului la 2 m înălțime. Pentru a obține, de exemplu, R_N la temperatura aerului de 0°C , se va considera la însumare R_A la 0°C și R_T la -2°C .

Aceste date au stat la baza nomogramelor din figurile 1.16 și 1.17, care vor servi la determinarea intensității necesare aspersiunii în scop antigel, după cum se prezintă în continuare.

Pierderile de căldură prin advecție (vânt). Vântul influențează într-o foarte mare măsură fenomenele ce se produc în cazul înghețurilor. Tranzitarea continuă a unor mase de aer rece (cu temperaturi negative) peste parcela ce trebuie protejată duce la necesitatea măririi, uneori considerabilă, a cantității de apă necesare pentru a asigura protecția prin aspersiune.

Tocmai în aceasta constă explicația faptului că înghețurile prin advecție necesită, pentru același grad de protecție, cantități mai mari de apă decât înghețurile prin radiație. Această constatare îi aparține și lui Ronald E. Sneed, care stabilește și valori concrete cu privire la limitele de protecție antigel ale aspersiunii: până la temperatura de $-8,9^\circ\text{C}$ (16°F) pentru viteze ale vântului sub $4,5 \text{ m/s}$ (sub 10 mile pe oră).

Acești parametri vor fi urmăriți și în experimentările catedrei noastre pentru estimarea cantității de apă, reținând valorile de mai sus ca extreme ale temperaturii și vântului, nefiind în general depășite în înghețurile de primăvară de la noi.

Cantitatea de căldură (Q) ce se pierde datorită vântului se poate stabili din diagrama Newman (v. fig. 1.18), ca și cu ajutorul relației:

$$Q = F \cdot H \cdot v \cdot c \cdot \rho \cdot \theta \quad [\text{kcal}/\text{m}^2\text{oră}] \quad (1.11)$$

în care:

F este lungimea frontului de schimb (m); depinde de forma parcelei;

H - înălțimea de protejat (m);

v - viteza vântului (m/s);

c - căldura specifică a aerului la presiune constantă (în $\text{kcal}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$);

ρ - densitatea aerului de tranzit (kg/m^3);

θ - diferența de temperatură între zona protejată și o zonă neprotejată; este temperatura cu care trebuie să ridicăm pe cea a aerului în tranzit, pentru realizarea

protecției (în $^\circ\text{C}$), dedusă:

$Q = m \cdot c \cdot \theta$, unde m este masa aerului în tranzit ($m = \rho \cdot V = \rho \cdot F \cdot H \cdot v$) iar V - volumul de aer tranzitat.

Dar Q , din relația prezentată, reprezintă cantitatea de căldură ce ar trebui adusă pentru realizarea protecției și repartizată pe suprafața frontului de curent de aer cu dimensiunile F și H .

În vederea calculării intensității necesare a ploii antigel, ar trebui repartizată (Q) pe suprafața parcelei de protejat și ar trebui găsită o relație în această direcție care să ducă la intensități reale ale intensității necesare (fig. 1.18) a aspersiunii antigel (aproape de cele indicate în literatura de specialitate, optimul fiind considerat prin urmărirea efectelor în cadrul experimentărilor).

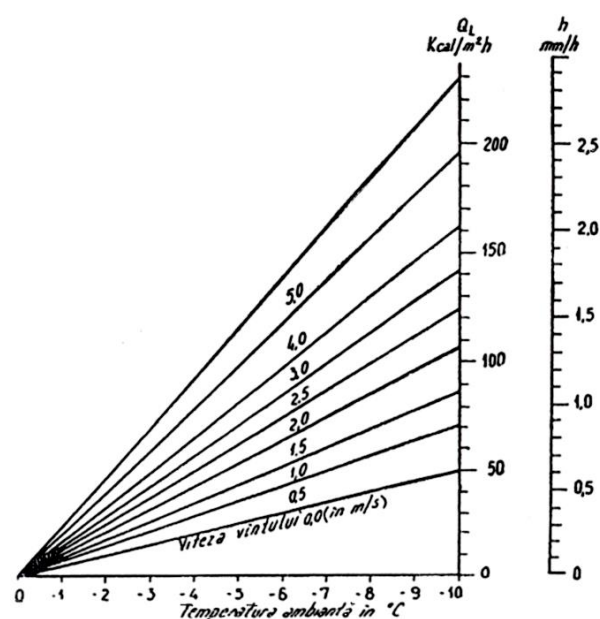


Fig. 1.18. Diagrama Newman pentru determinarea intensității necesare a ploii: Q_L - pierderea de căldură prin termoconvecție datorită combinației vânt - temperatură ambiantă; h - înălțimea ploii echivalente

Se observă că în diagrama Newman sunt incluse și pierderile de căldură prin convecție termică, dar care aici sunt cu mult mai mici decât pierderile de căldură prin radiație stabilite anterior (de remarcat că la temperaturi de -10°C și viteze ale vântului de 4 m/s , intensitatea necesară a ploii e greu de admis că poate fi de numai $2,5 \text{ mm/oră}$).

De aceea, extragem din diagrama Newman numai pierderile de căldură datorită vântului, în funcție de diferite temperaturi ale mediului ambiant, scăzând din pierdere totală de căldură, ce se obține cu diagrama Newman pierdere de căldură prin termoconvecție (constantă pentru aceeași temperatură, indiferent de viteza vântului). Cu valorile obținute, s-a întocmit diagrama din figura 1.19.

Intensitatea precipitațiilor crește cu descreșterea temperaturii aerului.

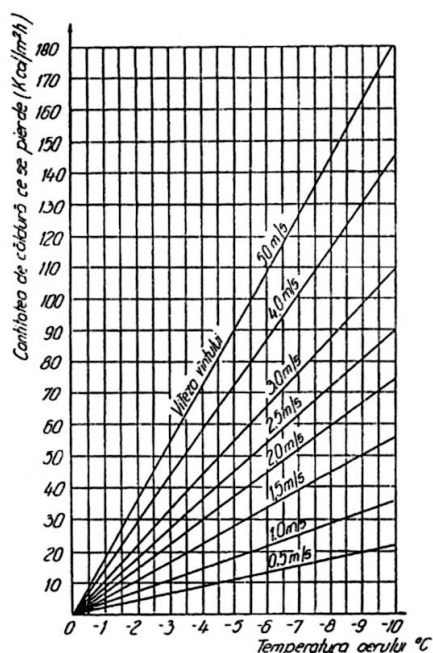


Fig. 1.19. Diagrama Newman modificată pentru determinarea pierderilor de căldură datorate numai vântului

Cantitatea totală de căldură de recuperat prin aspersiunea antigel. Cele mai importante pierderi de căldură au loc, după cum s-a arătat, prin radiație și datorită vântului, acestea variind între limitele:

- radiația nocturnă – cer noros 12-33 kcal/m²h;
- radiația nocturnă – cer senin 90-146 kcal/m²h;
- pierderi de căldură datorită vântului 0-180 kcal/m²h, pentru valorile: temperatura aerului 0-10°C, umiditatea relativă a aerului 0-100%, viteza vântului 0-50 m/s.

Cantitatea totală de căldură de recuperat se obține prin însumarea celor parțiale de mai sus, corespunzătoare situației în cauză și obținute cu ajutorul diagramelor din figurile 1.16, 1.17 și 1.19.

1.3.2. CANTITATEA DE APĂ NECESARĂ PENTRU ANTIGEL ȘI CALITATEA APEI

Cantitatea de apă necesară pentru asigurarea protecției în anumite condiții trebuie să cedeze o cantitate de căldură care să acopere sau să fie cel puțin egală cu cea pierdută în condițiile respective, când valorile temperaturii scad sub un anumit prag.

Cantitatea de căldură cedată de apă este formată din trei părți:

- a) căldura de răcire a apei, de la temperatura sursei, la 0°C [Q_1];
- b) căldura latentă de solidificare a apei [Q_2];
- c) căldura de subrăcire a cristalelor de gheață, de la temperatura de 0°C la temperatura minimă admi-

sibilă, la care în corpul vegetal nu se produc distrugerii de țesuturi [Q_3].

Relația generală care reprezintă cantitatea de căldură cedată de apa pulverizată și solidificată, a cărei căldură specifică variază cu temperatura, este:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 m \left[\int_{t_2}^{t_1} c_1 dt + \lambda + \int_{t_3}^{t_2} c_2 dt \right] = m \left[c_1 t \Big|_0^{t_1} + \lambda + c_2 t \Big|_0^{t_3} \right] = m (c_1 t_1 + \lambda + c_2 t_3) \quad (1.12)$$

Cantitatea de lichid necesară este deci:

$$m = \frac{Q}{c_1 t_1 + \lambda + c_2 t_3} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \text{ sau } \frac{\text{mm}}{\text{h}} \right)$$

pentru că în cazul apei $\rho \approx 1 \text{ kg/dm}^3$,

în care:

Q este cantitatea de căldură de recuperat (kcal/m²h);

c_1 – căldura specifică a apei, care variază cu temperatura, conform tabelului nr. 1.2.

Tabelul nr. 1.2. Căldura specifică a apei în funcție de temperatura ei

$t^\circ\text{C}$	c_1 (cal/g°C)	$t^\circ\text{C}$	c_1 (cal/g°C)
0	1,0094	5	1,0054
1	1,0084	6	1,0054
2	1,0074	7	1,0044
3	1,0074	8	1,0044
4	1,0064	9	1,0034
		10	1,0027

t_1 - temperatura apei ce se pulverizează (°C);

λ - căldura latentă specifică de solidificare a apei, $\lambda = 80 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$;

c_2 - căldura specifică a gheții; $c_2 = 53 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ (pentru intervalul 0°C ÷ -10°C);

t_2 - temperatura minimă admisibilă ($t_2 = 0^\circ\text{C}$) când protecția se asigură până la 0°C și $t_2 = -1^\circ\text{C}$, când protecția se asigură până la -1°C)

Pragurile rezistenței la ger pentru speciile pomicele mai importante din țara noastră, în funcție de stadiile de dezvoltare în care se află, sunt date în tabelul nr. 1.3.

Cantitatea de apă necesară, exprimată prin intensitatea i (în mm/h sau kg apă/m²) se calculează pentru mai multe cazuri, care corespund unor temperaturi diferite ale apei de irigație (vezi diagramele din figurile 1.18 și 1.20). Relațiile între cantitățile unitare de căldură de recuperat și cantitățile de apă necesară (i în mm/h) sunt indicate în tabelul nr. 1.4).

Cu ajutorul relațiilor și tabelelor date anterior se determină cantitatea de apă necesară (intensități necesare de aspersiune i , în mm/h), calculată pentru a asigura protecția până la temperatura de 0°C (a) și -1°C

(b) în condițiile:

a) – temperatura apei de irigat (t_1) variind între 10 și 0°C,

– cantitatea de căldură de recuperat (Q) variind între 10 și 350 kcal/m²h, pentru care rezultă $i = 0,1100$ -4,38 mm/h;

b) – temperatura apei de irigat $t_1 = 10-0^\circ\text{C}$,

– cantitatea de căldură de recuperat, variind $Q = 10$ -350 kcal/m²h pentru care rezultă $i = 0,070$ -2,630 mm/h.

Tabelul nr. 1.3. Pragurile rezistenței la ger pentru principalele specii pomicole din România

Specia	Stadiul de dezvoltare		
	Butonul floral închis, dar culoarea petalelor vizibilă	În plină floare	Fruite în formare
Măr	-3,9°C	-2,2°C	-1,7°C
Păr	-3,9°C	-2,2°C	-1,1°C
Cireș	-2,2°C	-2,2°C	-1,1°C
Cais	-3,9°C	-2,2°C	-0,6°C
Prun	-3,9°C	-2,2°C	-1,1°C
Piersic	-3,9°C	-2,8°C	-1,1°C
Nuc	-1,0°C	-1,0°C	-1,0°C
Migdal	-3,3°C	-2,8°C	-1,1°C
Viță de vie	-1,1°C	-0,6°C	-0,6°C

Tabelul nr. 1.4. Relațiile între căldură de recuperat și apa necesară

Temperatura minimă asigurată (0°C)		Temperatura minimă asigurată (-1°C)	
t apă (°C)	relația	t apă (°C)	relația
10	1 kcal/m ² h = = 0,011 mm/h	10	1 kcal/m ² h = = 0,007 mm/h
9	1 kcal/m ² h = = 0,0112 mm/h	9	1 kcal/m ² h = = 0,007 mm/h
8	1 kcal/m ² h = = 0,01135 mm/h	8	1 kcal/m ² h = = 0,0071 mm/h
7	1 kcal/m ² h = = 0,0115 mm/h	7	1 kcal/m ² h = = 0,0071 mm/h
6	1 kcal/m ² h = = 0,0116 mm/h	6	1 kcal/m ² h = = 0,0072 mm/h
5	1 kcal/m ² h = = 0,00175 mm/h	5	1 kcal/m ² h = = 0,0072 mm/h
4	1 kcal/m ² h = = 0,0119 mm/h	4	1 kcal/m ² h = = 0,0073 mm/h
3	1 kcal/m ² h = = 0,0121 mm/h	3	1 kcal/m ² h = = 0,0073 mm/h
2	1 kcal/m ² h = = 0,0122 mm/h	2	1 kcal/m ² h = = 0,0074 mm/h
1	1 kcal/m ² h = = 0,01235 mm/h	1	1 kcal/m ² h = = 0,0075 mm/h
0	1 kcal/m ² h = = 0,0125 mm/h	0	1 kcal/m ² h = = 0,0075 mm/h

Cu aceste date s-au întocmit nomogramele din figurile 10.20 și 10.21.

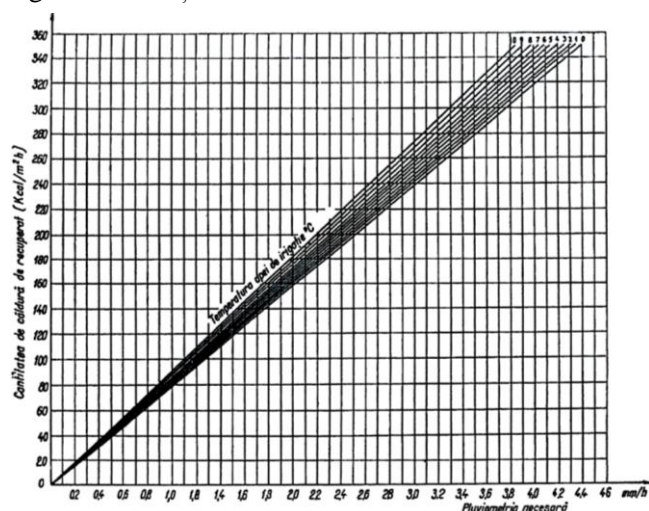


Fig. 1.20. Nomogramă pentru determinarea intensității necesare a aspersiunii în funcție de cantitatea totală de căldură ce trebuie recuperată și temperatura apei de irigație (se asigură protecția până la 0°C)

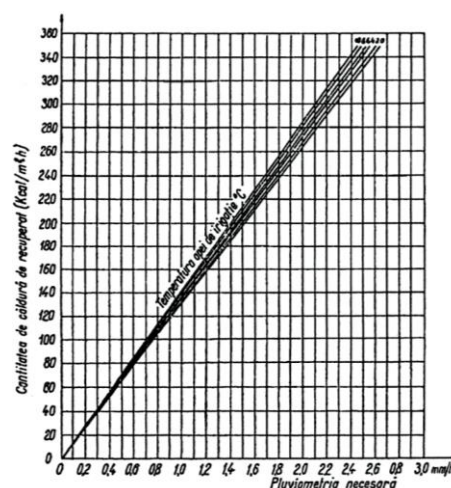


Fig. 1.21. Nomogramă pentru determinarea intensității necesare a aspersiunii, în funcție de cantitatea totală de căldură de recuperat și temperatura apei de irigație (se asigură protecția până la -1°C)

1.3.3. PROCEDEU DE CALCUL AL INTENSITĂȚII NECESARE ASPERSIUNII ANTIGEL, NUMAI PENTRU PROTECȚIA ORGANELOR ÎN PERICOL

Anterior s-a calculat intensitatea necesară a aspersiunii în diferite condiții meteorologice, pornindu-se de la ideea că trebuie adusă atâta apă în teren, încât să se înlocuiască – pentru asigurarea protecției – toată cantitatea de căldură ce se pierde din spațiul ocupat de plante, din momentul în care temperatura co-

boară sub pragul admisibil, corespunzător fazei de vegetație în care se află acestea.

În continuare se urmărește determinarea intensității aspersiunii necesare pentru protecție, plecând de la ideea că numai organele plantei care sunt în pericol nu trebuie să ajungă la temperaturi negative periculoase.

Specialiștii J.F. Gerber, D.S. Harrison (Michigan, 1964) determină după acest criteriu intensitatea aspersiunii de protecție. Se urmărește prin aceasta determinarea unor intensități cât mai reduse ale aspersiunii, care să ducă la micșorarea cantității de apă folosită, realizând totuși o protecție satisfăcătoare și reducerea grosimii crustei de gheață până la cea strict necesară, pentru a se evita producerea de leziuni organelor protejate. În mod deosebit trebuie protejați mugurii, florile, frunzele și ramurile tinere. O plantă localizată într-un mediu natural câștigă din el sau pierde căldură în el, în exemplul de față, din cauza a trei procese, care acționează independent sau în combinație:

- a) conducție și convecție,
- b) evaporare și transpirație,
- c) schimb radiativ.

Din schimbul bilanțului termic al unei frunze (fig. 1.22) rezultă ecuația:

$$C \frac{dT}{dt} + R + L \cdot E + K = 0 \quad (1.13)$$

în care:

C este căldura specifică a frunzei (în unități c.g.s. se exprimă în cal/g°C);

dT/dt - variația temperaturii în raport cu timpul;

R - radiația totală a frunzei, corespunzătoare temperaturii ei (fluxul caloric radiativ);

L - căldura latentă de evaporare a apei;

E - cantitatea de apă ce se evaporă;

K - cantitatea de căldură ce se pierde prin convecție.

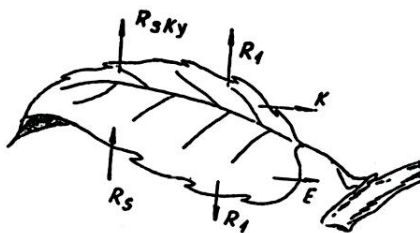


Fig. 1.22. Schimbul bilanțului termic la nivelul frunzei:

R_{sk} - radiația feței superioare; R_s - radiația feței inferioare; K - căldura pierdută prin convecție;

E - căldură pierdută prin evaporare

Transferul radiativ de căldură se poate calcula considerând că frunza este la temperatura aerului și apoi corectând aceasta prin adăugarea produsului dintre tangenta curbei de temperatură a radiațiilor și diferența între temperatura aerului și a frunzei. Aproxima-

țiile făcute sunt acceptate în literatura de specialitate (J.F. Gerber și D.S. Harrison, 1964), pentru că diferențele de temperatură sunt mai mici de 0,3°C.

Transferul radiativ de căldură se exprimă prin relația dată de D. Brunt:

$$R = R_a - 2 \frac{dR}{dT} (T_a - T_i) = R_a - 2h_r (T_a - T_i) \quad (1.14)$$

$$\frac{dR}{dT} = h_r = 4\sigma T_a^3$$

în care:

R_a este radiația frunzei, la temperatura aerului;

T_a - temperatura absolută a aerului (°K);

T_i - temperatura absolută a frunzei nestropite (°K);

h_r - coeficient al fluxului de radiație. Nu este un coeficient de transfer de căldură, dar are aceleași dimensiuni, fiind egal cu derivația I a ecuației Stefan-Boltzman pentru fluxul de radiație.

Ecuația fluxului de umiditate (E), pe care-l interpretăm ca flux caloric masic prin termenul LE , se va scrie într-un mod asemănător celei a fluxului radiativ, prin introducerea unui coeficient de corecție a gradientului vaporilor la diferențe de temperatură și fluxurile de vaporii echivalându-se în fluxuri calorice:

$$LE = - \left[(es - ea) + 2(T_a + T_i) \frac{de}{dT} \right] a \cdot he$$

$$LE = - \left[(es - ea) + 2he(T_a - T_i) \right] \quad (1.15)$$

unde:

$$he = a \cdot hc \frac{de}{dT} = \frac{a \cdot hc \cdot Lf \cdot e}{R_w \cdot T^{-2}} \quad (\text{cal/min} \cdot \text{cm}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Ecuația se obține din expresia Clasiu-Clapeyron privind evaporarea:

L este căldura specifică de evaporare a apei;

es - presiunea actuală a vaporilor de aer;

$\frac{de}{dT}$ - variația tensiunii vaporilor din aer în raport cu temperatura.

Pentru determinarea acestui termen trebuie folosite media presiunii vaporilor (mb) și media temperaturii absolute (°K);

a - factor de conversie a transferului de masă (vapori) în transfer caloric (în unități c.g.s.; $a = 0,20$);

he - coeficient al transferului de căldură latentă (prin evaporare);

Lf - căldura latentă specifică de înghețare a apei;

L - căldura latentă specifică de evaporare a apei;

e - presiunea actuală a vaporilor din aer;

R_w - constanta specifică a vaporilor de apă.

Pentru transferul de căldură prin convecție se folosește ecuația obișnuită:

$$K = -2hc(T_a - T_i) \quad (1.16)$$

în care hc este coeficient al transferului de căldură prin convecție (cal/min·cm²·°C).

Expresia coeficientului hc este:

$$hc = 0,398 \frac{k}{L} Pr^{1/3} (2R_{ea} + 3R_{el})^{1/2} \quad (\text{cal/cm}^2 \cdot \text{min} \cdot ^\circ\text{C})$$

unde:

k_c este conductivitatea termică a apei
(cal/min·cm·°C);

$$Pr = \frac{cp\mu_a}{k_1}, \text{ numărul Prandtl}$$

cp - căldura specifică a aerului, la presiune constantă (în cal/g·°C);

μ_a - coeficient de vâscozitate absolută
(g/cm²·min);

k_1 - conductivitate termică a aerului
(cal/min·cm·°C)

$$R_c = \frac{U_a \cdot L}{\nu}, \text{ numărul Reynolds;}$$

U_a - viteza curentului de aer (cm/s);

L - lungimea frunzei (cm);

ν - coeficient de vâscozitate cinematică
(cm²/min)

$$R_{ea} = \frac{U_a \cdot x}{\nu}; \quad R_{el} = \frac{U_1 \cdot x}{\nu};$$

U_1 - viteza apei la interferența peliculei de apă de pe frunză cu aerul (cm/s).

Ecuția (1.13) poate fi rescrisă folosind expresiile (1.14, 1.15, 1.16):

$$C \frac{dT}{dt} = [R_a - 2h_r + (T_a - T_i)] - [(es - ea) + 2he(T_a - T_i)] - hc(T_a - T_i) = 0 \quad (1.17)$$

Considerând că ecuația (1.16) este adecvată, ea poate fi rescrisă folosind T_m , temperatura minimă permisă pentru frunză în loc de T_i , temperatura frunzei nestropite (neprotejate).

Dacă este adusă pe frunză o cantitate suficientă de apă (i) și căldura degajată prin înghețarea acesteia (Lf = căldură specifică de înghețare a apei) face ca schimbul de căldură în timp să fie nul, ecuația (1.17) devine:

$$C \frac{dT}{dt} = 0 = -Lf \cdot i + [R_a - 2h_r(T_a - T_m)] - [(es - ea) - 2he(T_a - T_m)] - 2hc(T_a - T_m) = 0 \quad (1.18)$$

în care:

i este cantitatea de apă adusă pe frunză;

T_m - temperatura minimă permisă pentru frunza stropită (temperatură până la care se asigură protecția aducând cantitatea de apă i);

Lf - căldura latentă specifică de înghețare a apei.

Deoarece în ecuația (1.17) schimbul de căldură în timp are valori mici și la echilibru este zero, ecuația (1.17) este echivalentă cu (1.18).

Rezultă ecuația:

$$i \cdot Lf = 2(hc + hr + he)(T_m - T_i) \quad (1.19)$$

Constanta 2 apare pentru că se consideră bilanțul termic pentru cele două părți ale frunzei și suprafeței ei totală este egală cu două suprafețe parțiale.

Ecuția (1.19) se împarte prin căldura specifică de înghețare a apei, Lf , și se obține rata aspersiunii (intensitatea):

$$i = (2/Lf)(hc + hr + he)(T_m - T_i) \quad (1.20)$$

Dacă apa se distribuie uniform, atunci i va fi egal cu rata aspersiunii. Totuși este nevoie în ecuație de un coeficient α care variază cu: sistemul, locul, condițiile meteorologice, coeficientul convectiv, orientarea, forma frunzei;

$$\alpha' = 0,5-1$$

Deci:

$$i = \alpha H (T_m - T_i) \quad (1.21)$$

unde:

$$H = \frac{2}{Lf}(hc + hr + he)$$

Concluzii. Fiecare plantă, într-un anumit stadiu de vegetație, are un prag de rezistență la ger, de care trebuie să se țină seama atunci când se fixează momentele punerii în funcțiune și opririi instalației de aspersiune. În acest fel, printr-o bună cunoaștere a pragurilor de rezistență a plantelor, se poate realiza o importantă reducere a cantității de apă folosită pentru protecție:

- se observă din diagramele prezentate că, cu cât temperatura admisibilă pentru plante (pragul de rezistență la ger) are valori mai mari, la cantități mari de căldură de recuperat este necesar a se folosi apă de irigație cu o temperatură cât mai ridicată, pentru a se realiza satisfăcător protecția cu cantități cât mai mici de apă. În această direcție este de dorit ca apa ce urmează a fi folosită pentru protecție să fie luată din surse cu temperaturi mai ridicate (ape subterane, rezervoare închise etc.);

- în procesul de exploatare a instalației de aspersiune antigel trebuie să se asigure funcționarea fără întreruperi a aspersoarelor în timpul protejării. Pentru aceasta va fi folosită apă limpede, în scopul evitării blocării duzelor aspersoarelor. Se recomandă chiar măsuri suplimentare de filtrare în instalația de aspersiune antigel;

- protejarea plantațiilor pomicole, aflate în afara unor sisteme de irigații, se poate asigura cu apă captată din foraje locale sau din alte surse locale (acumulări, puțuri etc.). În acest caz, debitele disponibile fiind mici, se impun valorificări optime ale parametrilor anunțați: intensități, praguri de temperatură, cantități de căldură de recuperat, durată de funcționare etc.

De exemplu, pentru a se realiza protecția în cazul

unui îngheț ce ar dura 8 ore și în care s-ar menține constant: temperatura aerului de -10°C , umiditatea relativă a aerului între 0-10%, viteza vântului 5 m/s, ar fi necesar pentru 1 ha, 350 m^3 apă, cu temperatura de $0-1^{\circ}\text{C}$.

1.3.4. CONDIȚII TEHNICO-FUNCȚIONALE ȘI DE CALITATE PE CARE TREBUIE SĂ LE ÎNDEPLINEASCĂ PLOAIA ȘI INSTALAȚIA DE ASPERSIUNE ÎN SCOP DE PROTECȚIE ANTIGEL

Viteza de rotație a aspersoarelor folosite pentru realizarea protecției. Pluviometria ce se realizează trebuie să asigure protecția la temperatura cea mai scăzută din timpul nopții; această protecție se realizează prin luarea în considerare a timpului dintre rotația aspersorului și efectul stropirii. Cea mai adecvată perioadă de rotație se stabilește în funcție de timpul necesar picăturii pentru a ajunge tot în stare lichidă pe frunze (sau alte organe de apărut).

Pe baza faptului că apa trebuie să ajungă pe frunză la 32°F (0°C), timpul dintre două rotații (perioada maximă de rotație) se poate calcula cu formula standard de răcire:

$$T = T_0 \exp \left[\frac{Lf \cdot 2\delta}{c} (t - t_e) \right] \text{ pentru } t < t_e \quad (1.22)$$

$$T = T_0 \text{ pentru } t > t_e$$

în care t_e este durata cerută pentru a îngheța apa aderentă la frunză.

Película are o grosime minimă $\delta \cong 0,03\text{ mm}$.

Timpul necesar răcirii acestei pelicule depinde de creșterea căldurii eliberate, $2\delta Lf$, de diferența de temperatură între aer și punctul de răcire ($T_0 - T_a$) și rezistența termală la transferul de căldură.

t_e se calculează cu:

$$t_e = \frac{2K \cdot \delta Lf}{(T_0 - T_a)} \quad (1.23)$$

Valoarea exactă a lui K se determină experimental (în studiul lui J.F. Gerber și D.S. Harrison, 1964 s-a adoptat valoarea de $14,0\text{ cm}^2\text{min/cal}$);

Deci perioada totală necesară a unei rotații (cea mai lungă posibilă) este:

$$t = \frac{K \cdot 2 \cdot \delta Lf}{T_0 - T_a} + \frac{c}{\delta Lf} \ln \frac{T_0}{T_m} \quad (1.24)$$

(după Gerber și Harrison)

Relația (1.22) a fost stabilită în baza considerentului că apa care ajunge la frunza de protecție are temperatura de 0°C (32°F).

$K\delta Lf/T_0 - T_a$ - reprezintă durata cerută pentru a îngheța apa aderentă la frunză;

K - rezistența termică la pierderea de căldură (căldura rezultată prin răcirea peliculei de apă de pe frunză); valoarea exactă a lui K trebuie determinată experimental pentru frunzele diferitelor plante (de diferite mărimi). J.F. Gerber și D.S. Harrison au luat pentru $K = 14\text{ cm}^2\text{min/cal}$.

δ - grosimea peliculei de apă aderentă la frunză; pelicula are o grosime minimă; $\delta \cong 0,03\text{ mm}$

$Lf = 80\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$, căldura specifică de înghețare a apei;

T_a - temperatura aerului (variabilă aici);

T_0 - temperatura de înghețare a apei

($0^{\circ}\text{C} = 273,2^{\circ}\text{K}$);

c - capacitatea calorică a unei secțiuni transversale prin suprafața frunzei; $c = 0,08$ unități c.g.s.;

T_m - temperatura minimă permisă pentru frunza stropită la pragul 0°C : $T = 0^{\circ}\text{C} = 273,2^{\circ}\text{K}$.

Cu datele de mai sus se calculează t cea mai mare perioadă permisă de rotație a aspersoarelor, pentru T_a variind între $273,2-263,2^{\circ}\text{K}$ ($0,0-10,0^{\circ}\text{C}$), astfel ca apa să nu înghețe înainte de a ajunge la organul de protejat (de exemplu frunza) și înainte ca temperatura acestuia (frunza) să nu coboare sub 0°C (tabelul nr. 1.5).

Cu valorile obținute s-a întocmit diagrama din fig. 1.23. În calcule nu s-a ținut seama de influența vântului și a umidității atmosferice, care, desigur, ar modifica, într-o oarecare măsură, rezultatele de mai sus. Astfel, viteza de înghețare a peliculei de apă crește cu cât viteza vântului este mai mare și scade cu cât umiditatea relativă a aerului este mai mare. Atât vântul cât și umiditatea relativă a aerului, prin variațiile lor, aduc modificări în efectele evaporării.

$$t = \frac{K \cdot 2 \cdot \delta Lf}{T_0 - T_a} + \frac{c}{\delta Lf} \ln \frac{T_0}{T_m}$$

(relația J.F. Gerber și D.S. Harrison)

Tabelul nr. 1.5. Perioada de rotație cea mai indicată a aspersoarelor antigel, în funcție numai de temperatura aerului (J.F. Gerber și D.S. Harrison)

Temperatura aerului ($^{\circ}\text{C}$)	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
Temperatura aerului ($^{\circ}\text{K}$)	273,2	272,2	271,2	270,2	269,2	268,2	267,2	266,2	265,2	264,2	263,2
Perioada (min)	∞	6,72	3,36	2,21	1,68	1,34	1,12	0,96	0,84	0,75	0,67
Perioada (s)*	∞	400	200	135	100	80	67	57	50	45	40

* - aproximativ, fără zecimale

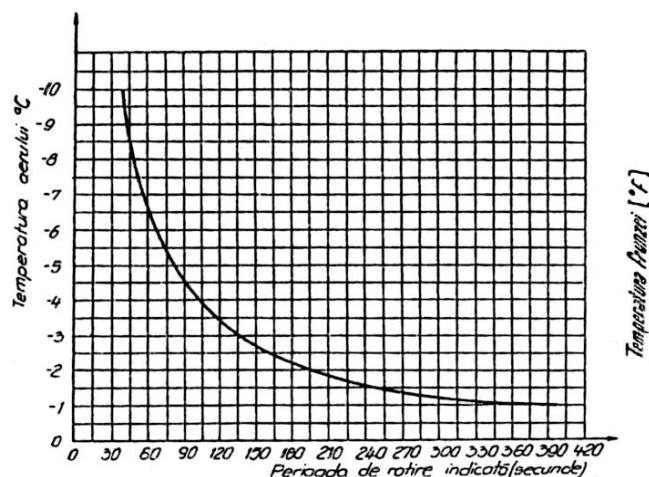


Fig. 1.23. Diagramă pentru determinarea celei mai mari perioade permise de rotație a aspersoarelor, în funcție de temperatura aerului ambiant (s-a folosit relația dată de J.F. Gerber și D.S. Harrison)

În figura 1.24 se poate urmări descreșterea temperaturii unei frunze după stropire, în condițiile când: viteza vântului = 6,6 mile/oră (2,95 m/s), temperatura aerului = 28°F (-3,12°C), temperatura la termometrul umed = 25°F (-3,9°C).

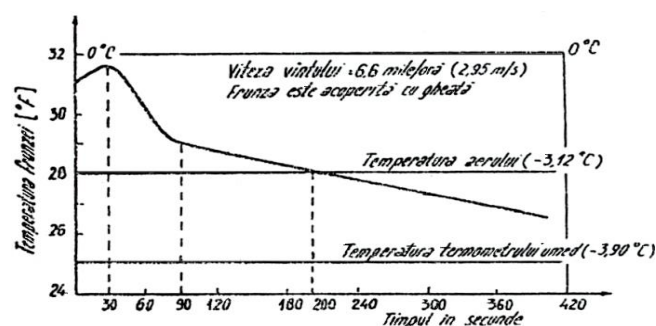


Fig. 1.24. Efectul vântului arătând temperatura frunzei măsurată cu termometrul umed la sfârșitul aspersiunii (după R.Z. Wheaton și E.H. Kidder)

În urma aspersării, frunza se acoperă cu gheață. În primele 24 secunde de la începutul stropirii se observă creșterea temperaturii, ca rezultat al degajării de căldură prin înghețarea apei pulverizate. Apoi, temperatura frunzei scade rapid; după 90 de secunde rata de descreștere a temperaturii devine constantă pe unitatea de timp. La 200 secunde temperatura frunzei a scăzut până la temperatura aerului și se observă că a continuat să scadă.

În tot acest timp, temperatura frunzei a variat; cauza este fenomenul de evaporare în timpul procesului de înghețare a apei pe frunză.

În fig. 1.25 se arată efectele vântului și temperaturii aerului asupra unei frunze aspersate, perioada de rotație a aspersorului fiind de 120 secunde și se observă periodicitatea creșterii temperaturii la fiecare revenire a aspersorului pe poziția inițială (la 20 secunde), pre-

cum și gradul de protejare realizat (temperatura degajată prin înghețarea apei pulverizate).

În figura 1.26 se arată efectele vântului și temperaturii aerului asupra unei frunze aspersate, pentru diferite frecvențe ale udării.

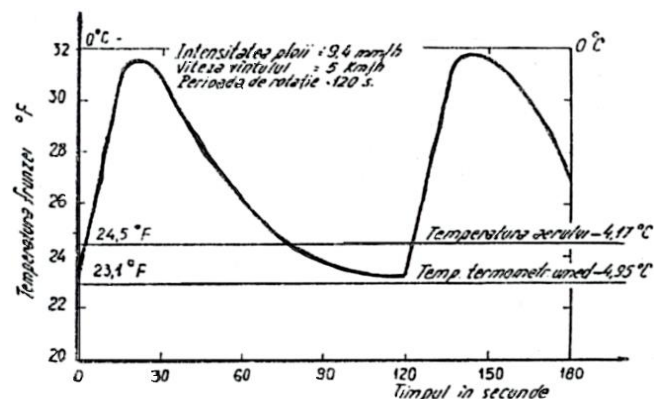


Fig. 1.25. Variația temperaturii frunzei datorită unei aspersări cu frecvența – perioada de rotație a aspersorului de 120 sec. (după Wheaton și Kidder)

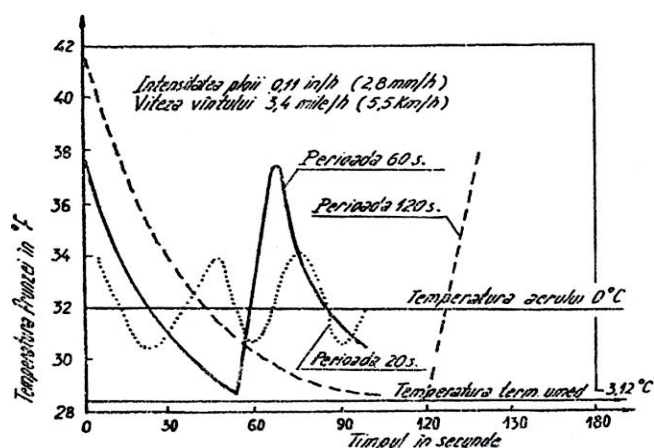


Fig. 1.26. Efectele vântului și temperaturii aerului asupra unei frunze aspersate, pentru diferite frecvențe ale udării – perioade de rotație ale aspersoarelor (după Wheaton și Kidder)

Din figurile de mai sus se observă că temperatura frunzei stropite variază pe parcursul perioadei de rotație a aspersorului, în funcție de viteza vântului, temperatura aerului, pluviometria (rata de aplicare a apei) și frecvența de aplicare (perioada de rotație).

Pentru frecvențe de aplicare diferite (perioade de rotații ale aspersiunii), presupunând constanți ceilalți parametri, amplitudinea variației temperaturii este cu atât mai mică cu cât frecvența (perioada de rotație) este mai mică (v. fig. 1.25).

Concluzii

Când perioada de rotație a aspersorului este mare, temperatura frunzei stropite are fluctuații mari (v. fig. 1.25 și 1.26; în acest caz, apa aspersată, prin înghețare, nu poate menține temperatura frunzei între 32 și 31°F (0°C la -0,55°C).

Este vorba de apa adusă continuu și strict necesară pentru asigurarea protecției în condițiile meteorologice respective, adică de intensitate optimă a ploii.

Presupunând chiar în cazul că fluctuațiile temperaturii s-ar produce în cea mai mare măsură într-un domeniu de valori pozitive ale temperaturii, este de dorit ca acestea să aibă amplitudinea cât mai mică, pentru a nu provoca variații nedorite ale temperaturii sucului celular al organelor vegetale, într-un timp relativ scurt.

În protecția antigel este nevoie de aparate de aspersiune (aspersoare) cu viteze de rotație mai mari decât ale aspersoarelor curente, folosite în udările pentru completarea deficitului de apă în sol. În general, pentru condițiile înghețurilor din țara noastră trebuie folosite aspersoare cu viteze de rotație mai mari de 1 rot/min (v. diagrama din fig. 1.23 și 1.26).

Viteza de rotație a aspersoarelor, pentru o aspersiune antigel de mare randament (privind cantitatea de apă folosită și efectele produse), trebuie corelată strict cu pluviometria necesară, în așa fel încât pe organele vegetale de protejat să se mențină continuu și pe timpul necesar amestecul apă-gheață. La stabilirea tipului de aspersoare necesare, un criteriu deosebit de important este deci viteza lor de rotație. Trebuie alese aspersoare a căror viteză de rotație poate asigura o protecție eficientă până la cele mai joase temperaturi probabile dintr-o anumită perioadă de timp.

Înteruperea aspersiunii în timpul înghețului, chiar și numai pentru câteva minute, are efecte deosebit de păgubitoare asupra plantelor. În acest caz, pagubele pot fi chiar mai mari decât dacă nu s-ar fi început operația de stropire, plantele fiind ude. De aceea se impune absolută siguranță că tipurile de aspersoare folosite nu sunt amenințate cu blocarea prin înghețarea apei pe duze sau pe alte organe ale mecanismelor lor sau înfundarea cu eventualele aluviuni din apa de irigație, insuficient limpezită.

Finețea necesară ploii antigel. Diametrul picăturilor are mare importanță în aspersiunea antigel. Stabilirea fineței necesare a ploii trebuie să se facă în baza considerentelor:

1) să nu fie afectate organele sensibile ale plantelor (florile, de exemplu), prin crearea unei ploi prea grosiere;

2) picăturile de apă să nu înghețe înainte de a ajunge pe organul de protejat.

După cum s-a văzut, este de dorit ca apa de irigație să aibă o temperatură cât mai mare. Cu cât temperatura picăturilor ce ajung pe organele de protejat este mai ridicată, cu atât va fi mai mare cantitatea de căldură ce se va degaja.

Snyder a cercetat răcirea picăturilor în cădere

liberă:

$$\frac{dl}{dt} = B \cdot U_x^{0,6} \cdot d^{-1,4} (\tau_o - \tau_{oo}), \quad (1.25)$$

în care:

t_1 este temperatura picăturilor de apă;

t - timpul;

B - constantă;

U_x - viteza de cădere a picăturilor de apă

D - diametrul picăturilor de apă;

τ_o - entalpia aerului ambiant^{*)};

τ_{oo} - entalpia aerului la interferența aer-apă.

Datele experimentale privind ratele de răcire a picăturilor care cad de la 10 picioare înălțime (3,05 m), în funcție de mărimea picăturilor, sunt prezentate în figura 1.27.

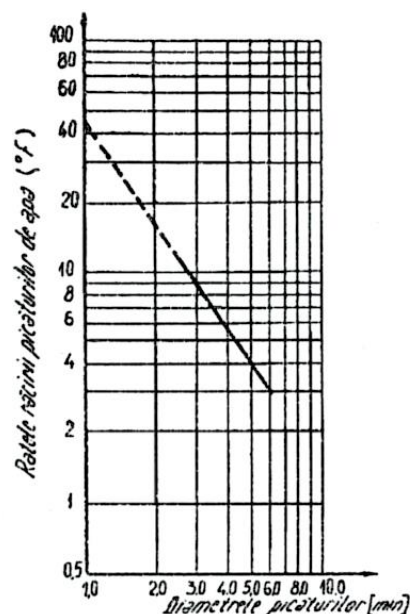


Fig. 1.27. Ratele răcirii picăturilor de apă care cad de la 10 picioare – 3,05 m (după Snyder)

Funcția este logaritmică și când diametrul picăturii este mai mic de 3 mm, rata de răcire este foarte ridicată.

Pentru stropirea organelor vegetale foarte sensibile la lovire ale plantelor (florile, de exemplu) G. Tanda recomandă o ploaie fină cu indicele de finețe $K_1 = 0,1-0,3$

$$K_f = \frac{d}{H} \quad (1.26)$$

în care:

d este diametrul duzei aspersorului (mm);

H - presiunea la aspersor (mH₂O).

În cadrul experimentărilor ce s-au întreprins în

^{*)} În termotehnică „entalpia” se notează cu I sau H . Aici, se ia sinonim (impropriu) „Conținutul de căldură” (v. *Lexicon tehnic*, vol. 7, 1971)

laboratorul nostru (Irigații și drenaje)^{**) s-a cercetat în ce măsură este afectată starea de agregare a picăturii mici de către temperaturile scăzute ale mediului ambiant.}

Pentru început, orientarea asupra caracteristicilor necesare ale aspersoarelor se face considerând $K_f = 0,1-0,3$ și menționând că aspersoarele de intensitate mică asigură totodată și o bună finete a ploii.

S-au calculat coeficienții de finete pentru diferite valori ale lui d și H și alegându-se cei care se încadrează în limitele de mai sus, s-a obținut diagrama din figura 1.28.

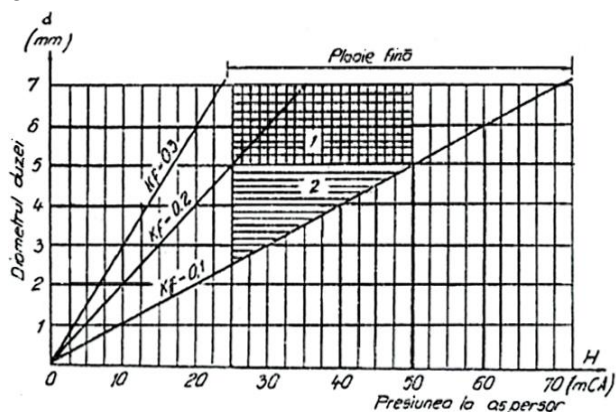


Fig. 1.28. Variația coeficientului de finete al ploii în funcție de d și H ($K_f = d/H$)

În literatura de specialitate se menționează că presiunea în rețeaua de aspersiune antigel nu ar trebui să scadă niciodată sub 3 atm. pentru a se realiza un grad înalt de pulverizare $d/H > 0,1$; presiunea optimă este de 4-5 atm.

Diametrele duzelor „antigel” se pot determina după intensitatea ploii și presiunea de lucru.

Din diagrama prezentată în figura 1.28 se observă că pentru coeficientul de finete maxim admis pentru o ploie fină ($K_f = 0,3$), valorile diametrelor duzelor și presiunilor la aspersor sunt:

$$d = 6 \text{ mm} \quad H_{\min} = 20 \text{ mH}_2\text{O};$$

$$d = 5 \text{ mm} \quad H_{\min} = 16 \text{ mH}_2\text{O};$$

iar pentru $K_f = 0,1$ rezultă:

$$d = 6 \text{ mm} \quad H = 60 \text{ mH}_2\text{O};$$

$$d = 5 \text{ mm} \quad H = 50 \text{ mH}_2\text{O};$$

$$d = 4 \text{ mm} \quad H = 40 \text{ mH}_2\text{O}.$$

Domeniul de exploatare optimă a presiunilor și duzelor este notat în figura 1.28 cu (1) și (2).

În decursul experiențelor trebuie urmărită cu atenție valoarea K_f optim, derivată din condiția ca picăturile să nu înghețe înainte de a ajunge la țintă, dar nici să nu producă leziuni organelor vegetale sensibile.

Scheme de lucru cu aspersoarele pentru realizarea protecției antigel. Cea mai indicată schemă de lucru cu aspersoarele este cea corespunzătoare dispo-

ziției în triunghi; se obține astfel un coeficient de uniformitate a stropirii mai mare cu 7-20% față de cea în pătrat și cu 7-34% față de cea în dreptunghi. Prezintă însă dezavantajul că nu se poate folosi cu bune rezultate decât în condițiile în care vântul nu are viteze prea mari (sub 1 m/s).

În perioada când apar înghețurile târzii de primăvară, direcția vântului este la noi relativ constantă, N-S, înghețurile cele mai multe fiind la noi de tip ad-vektiv-radiativ.

În condiții de vânt cu $V > 2$ m/s se recomandă dispoziția în dreptunghi a aspersoarelor, cu dimensiunea cea mare a laturilor orientată paralel cu direcția vântului.

Stabilirea schemelor de așezare a aspersoarelor trebuie făcută în baza următoarelor trei scopuri:

1) realizarea unei protecții eficiente;

2) micșorarea la maximum a cantității de apă folosită, prin crearea unei uniformități cât mai mari a intensității necesare a aspersiunii pe toată suprafața parcelei de protejat (se are în vedere efectul creșterii intensității în zonele de suprapunere a jeturilor);

3) scăderea grosimii gheții.

Pentru aceasta, trebuie să se aducă în teren exact numai cantitatea de apă impusă de intensitatea necesară a ploii, cu toate că și astfel există pericolul de a se realiza în unele zone stropite grosimi prea mari ale gheții (acolo unde se suprapun jeturile aspersoarelor – fig. 1.29).

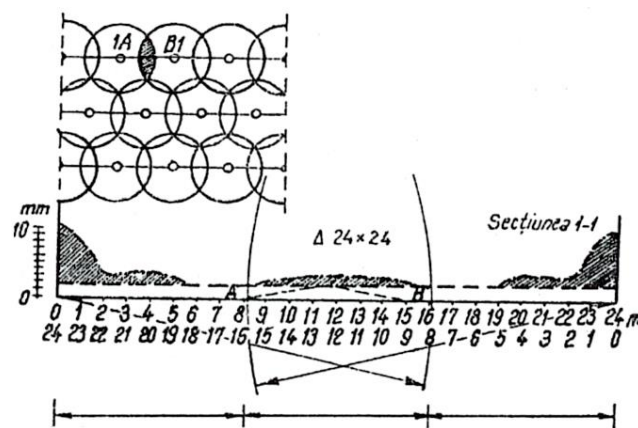


Fig. 1.29. Suprapunerea jeturilor în diagrama pluviometrică antigel (după D. Cavazza, E.Zampieri, A.Degan)

Tipul de aspersor necesar. Uniformitatea stropirii. Majoritatea aspersoarelor utilizate în mod curent în aspersiunea pentru umectare nu sunt corespunzătoare scopului urmărit aici „aspersiunea antigel”.

Pentru a folosi, cu adaptări minime, rețeaua de aspersiune curentă (pentru completarea deficitului de apă în sol) se propune utilizarea aspersorului românesc ASJ-1, ale cărui performanțe sunt date în tabelul nr.1.6; în tabelul nr. 1.7 sunt expuse caracteristicile aspersorului LKA 30/1 al firmei Perrot, realizat în scop antigel.

^{**) Facultatea Hidrotehnică Iași}

Tabelul nr. 1.6. Caracteristicile aspersorului românesc ASJ-1 pentru irigația antigel

Diametrul duzei d (mm)	Presiunea de lucru (atm)	Debit (m^3/h)	Raza de acțiune (m)	Timp de rotație (s)	Pluviometria orară i_h (mm/h) în schemele			Indicii de finețe a ploii $K_f = d/H$
					12 x 18	18 x 18	18 x 24	
5	2,5	1,45	15,1	66	6,7	4,5	3,4	0,2
	3	1,54	15,5	68	7,4	4,9	3,7	0,16
	3,5	1,72	15,8	70	8,0	5,3	4,0	0,14
	4	1,84	16,2	75	8,5	5,7	4,3	0,12
	4,5	1,95	16,5	80	9,0	6,0	4,5	0,11
6	2,5	2,02	15,4	68	9,4	6,2	4,7	0,24
	3	2,21	15,8	72	10,2	6,8	5,1	0,20
	3,5	2,39	16,1	75	11,1	7,4	5,5	0,17
	4	2,56	16,4	80	11,8	7,9	5,9	0,15
	4,5	2,71	16,7	85	12,5	8,4	6,3	0,13

$$d_i = OO'' = 2OC = 2R \cos 30 = \sqrt{3}R$$

$$d_2 = OG = OF + FG = R + R \sin 30 = 1,5R$$

În literatură se recomandă, pentru realizarea unei uniformități cât mai mari a cantității de ploaie aspersată, distanțele între aspersoare indicate în tabelul nr. 1.8, date în funcție de viteza și raza de stropire.

Tabelul nr. 1.7. Caracteristicile aspersorului Perrot LKA 30/1 special pentru irigația antigel

Diametrul duzei (mm)	Presiunea de lucru H (atm)	Debit Q (m^3/h)	Raza de acțiune (m)	Pluviometria orară i_h (mm/h)	
				schemă în pătrat	schemă în triunghi
4	3	1,02	15,3	3,15	1,77
	4	1,19	16,5	2,07	1,66
	5	1,32	17,1	2,29	1,83
4,2	3	1,19	15,6	3,52	1,98
	4	1,32	16,7	2,30	1,84
	5	1,47	17,3	2,55	2,04
4,5	3	1,32	15,7	4,08	2,29
	4	1,52	16,9	2,64	2,11
	5	1,96	17,5	2,94	2,35
5	4	1,83	17,3	3,26	2,61
	5	2,10	17,9	3,65	2,92

În aspersiunea antigel trebuie să se realizeze un coeficient cât mai mare de uniformitate a stropirii, pentru ca să nu se formeze în unele zone grosimi prea mari ale gheții iar în altele prea mici. Realizarea uniformității stropirii trebuie privită la nivelul unui plan ce s-ar situa la înălțimea pomilor de protejat. Aceasta se poate realiza folosind prelungitoare pentru aspersoare, cu înălțimea respectivă (fig. 1.30).

În acest caz, mărimile razelor de stropire ale aspersoarelor sunt variabile, măsurându-le la nivelul solului ele fiind cu mult mai mari. De aceea, uniformitatea stropirii în planul situat la înălțimea maximă de protejat nu va mai fi aceeași ca cea de la sol, care în cazul de față prezintă importanță mai mică.

În cazul dispunerii în triunghi a aspersoarelor, cel mai indicat indice de uniformitate se realizează pentru schema prezentată în figura 1.31.

Distanțele dintre două aspersoare consecutive pe aripă și două aripi consecutive pe antenă sunt:

Tabelul nr. 1.8. Distanța dintre aspersoare în funcție de viteza vântului și raza de stropire

Schema de dispunere	Viteza vântului (m/s)	Distanța dintre aspersoare d (în % $2 R^*)$
Rectangulară	calm	65
Rectangulară	2,0	60
Rectangulară	3,5	50
Rectangulară	> 3,5	30
Triunghiulară	calm	75
Triunghiulară	2,0	70
Triunghiulară	3,5	60
Triunghiulară	> 3,5	35

Stabilirea în teren a pozițiilor de lucru. Pentru o anumită temperatură, o anumită viteză a vântului, o anumită umiditate a aerului, protecția se realizează aducând în teren o anumită cantitate de apă, impusă prin intensitatea necesară a ploii, care se determină cu diagramele din figurile 1.16, 1.17, 1.18, 1.19, 1.20, 1.21.

Intensitatea necesară a ploii se realizează adoptând una din schemele de udare prezentate. Pentru a realiza și finețea dorită a ploii, care variază conform diagramei din figura 1.28 se va folosi, pentru o anumită mărime de duză, presiunea la aspersor care duce la realizarea coeficientului dorit de finețe a ploii (presiunea se determină cu diagrama prezentată în figura 1.29).

De notat că pentru a anumită intensitate, obținută cu o schemă de udare, nu se poate varia presiunea la aspersor (H) în limite mai mari de 10-15 m H_2O , pentru că altfel se va modifica mult intensitatea pentru schema de udare respectivă.

NOTĂ: Temperatura apei de aspersat, în scop de protecție antigel, având rol determinant, în subcap. 1.4 se vor prezenta o serie de posibilități-soluții și propuneri legate de condițiile și tehnicile de captarea apei din diverse surse (în special acumulări supra și subterane) pentru a îndeplini condițiile de temperatură.

^{*)} R = raza de stropire.

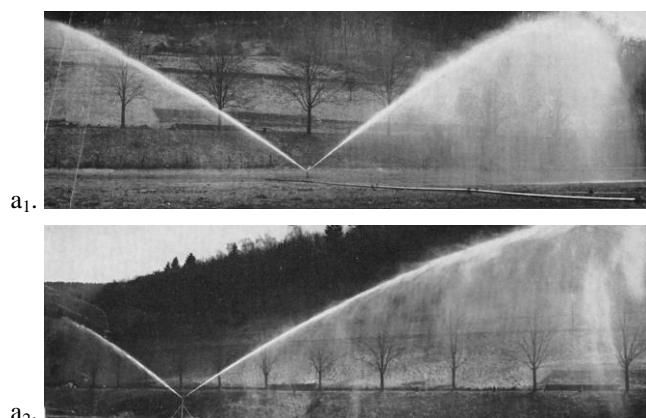


Fig. 1.30 a (foto). Rețeaua de aspersiune într-o plantație pomicolă (Perrot)

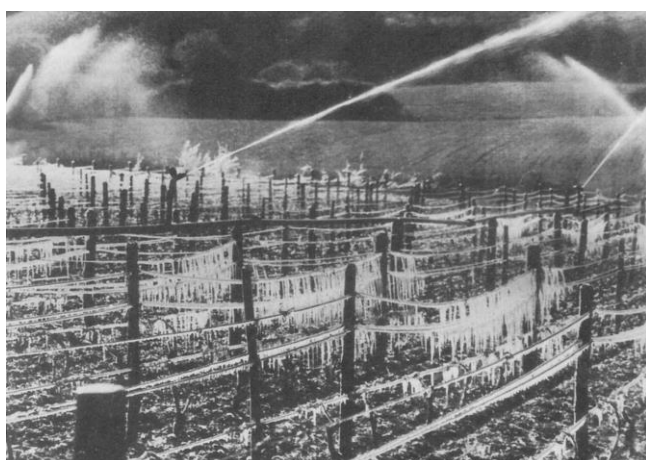


Fig. 1.30 b (foto). Tehnica irigației prin aspersiune antigel, în viile Champagne

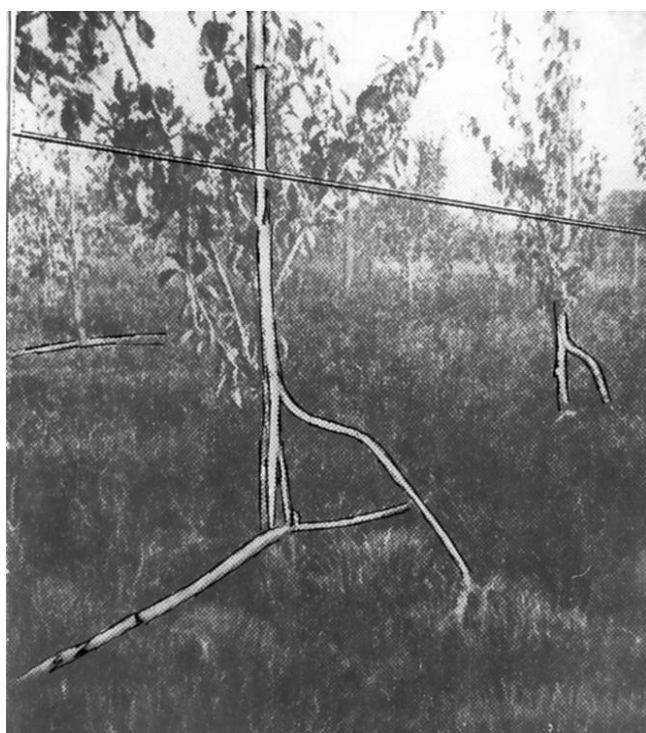


Fig. 1.30 c (foto). Rampă de distribuție pe suporturi înalți

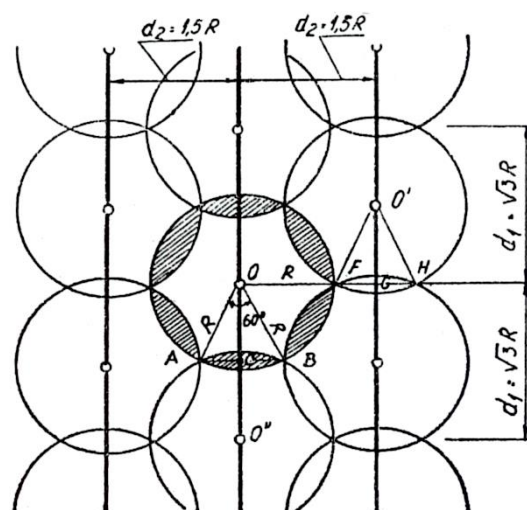


Fig. 1.31. Schema amplasării în triunghi a aspersoarelor antigel

1.4. SOLUȚII DE CAPTĂRI DE APĂ CU ASIGURAREA ANUMITOR CALITĂȚI (ALE APEI) CERUTE DE „PROTECȚIE”

1.4.1. CAPTĂRI DIN ACUMULĂRI SUPRATERANE PENTRU ASIGURAREA UNEI ANUMITE TEMPERATURI ALE APEI. SOLUȚII DE CAPTARE DE LA ANUMITE ADÂNCIMI

Pe lângă cerințele de debit, captările din acumulări trebuie să asigure și temperatura dorită (necesară) a apei de irigații, în scop de protecție a:

- plantațiilor vitipomicole contra temperaturilor scăzute din primăvară și toamnă (protecția antigel);
- culturilor de orez contra temperaturilor scăzute din perioada de înflorire;
- culturilor de legume (trufandale) ce solicită apă cu temperatură ridicată la începutul vegetației, primăvara;
- culturilor în general, care în timpul caniculelor de vară, sunt recunoscătoare irigației cu apă având temperatura mai scăzută cu câteva grade, față de mediul ambiant.

Asigurarea temperaturii dorite a apei de irigat se poate realiza prin adoptarea soluției de captare (a apei) la cote diferite (din acumulări), prin turn de captare vertical sau prin canal oblic pe baraj sau prin captări subterane de tipul puțurilor-forajelor, precum și prin acumulări sub albie.

1° Soluții tehnice de captare de la diverse adâncimi. Exemple

Tehnica mondială a irigațiilor folosind, pe scară largă, ca surse de apă acumulările, acordă mare importanță cotelor la care se captează apa, fie în soluția amenajărilor hidroenergetice – irigații (de exemplu, Bulgaria), fie numai pentru irigații (de exemplu, Coreea).

Un rol din ce în ce mai mare revenind acumulărilor în extinderea irigațiilor este firesc să se perfecțeze și tehnica captării apei.

Cotele dominante ale acumulărilor (din zone montane, de dealuri sau coline) au condus la tipurile de captări mixte: hidroenergetice și pentru irigații și alimentări cu apă.

Turnurile de captare, cu prize la nivelurile caracteristice de apă (fig. 1.32) asigură lupta contra aluviunilor, precum și accesul, spre aducțiunea sistemelor de irigații, a apei de suprafață, mai bine aerată și încălzită sau a apei de la anumite adâncimi pentru asigurarea temperaturii necesare alimentărilor cu apă.

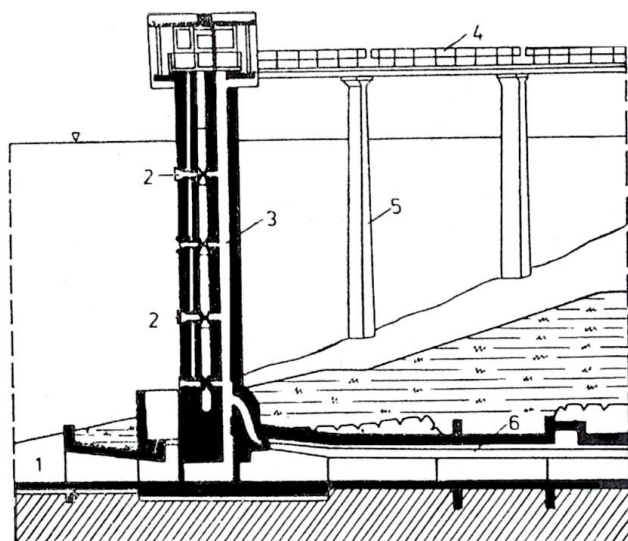


Fig. 1.32. Secțiune printr-o captare cu turn din barajul de acumulare: 1 – golirea de fund; 2 – ferestrele de captare ale turnului; 3 – conducta de alimentare (HE și irigații); 4 – pasarela de acces; 5 – pilele; 6 – conducta sub presiune

În Bulgaria, alimentarea cu apă a sistemului de irigații Stara – Zagora – Kazalík se face din acumularea barajului Georgi Dimitrov (R.Tundja), printr-un turn cu ferestre situate la cote diferite (fig. 1.33 a,b). În figura 1.33 a) se evidențiază și descărcarea de fund; în acest caz apa este uzinată în prealabil ($P_1 = 7\,000\text{ kW}$).

Exemplele citate de captare a apei pentru irigații (și energie) scot în evidență atenția acordată calității apei: temperatură, oxigenare și conținut de aluviuni.

Captările de la suprafață, prin ferestrele turnului,

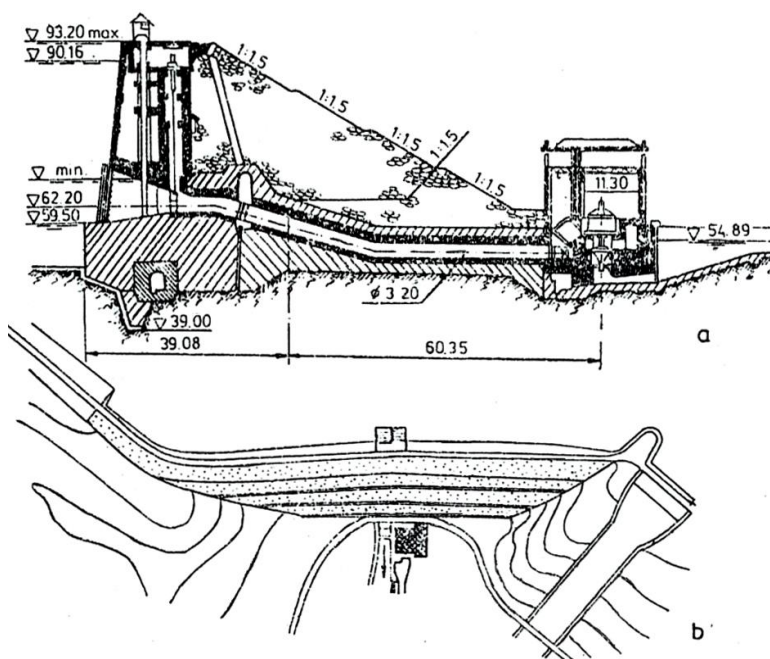


Fig. 1.33. Barajul Tundya, cu turnul de captare și microhidrocentrala: a) secțiunea transversală; b) plan de situație

asigură în mare măsură aceste deziderate, fără a reduce din presiunea urmărită pentru hidroenergie.

În Coreea, atenția maximă se acordă temperaturii apei, captarea făcându-se de la anumite adâncimi, în funcție de temperatura necesară.

Soluția tehnică a captării apei cu diverse temperaturi, de la diverse adâncimi se realizează în două variante: V_1 – cu turn de captare vertical (fig. 1.34 și 1.35) și V_2 – cu tub de captare oblic (fig. 1.36).

Turnul de captare este recomandat în cazul acumulărilor adânci, cu variație apreciabilă a nivelului în lac. Captarea cu tub (canal) oblic se folosește în cazul retențiilor de mică adâncime, cu baraje de pământ sau anrocamente.

1. Prize turn, în general

Priza de turn^{*)} este o construcție cilindrică sau tronconică prevăzută pe suprafața laterală cu deschideri de admisie a apei situate la diverse înălțimi (v. fig. 1.34).

Turnul este racordat la partea inferioară cu aducțiunea sub presiune. Accesul poate fi controlat prin 1-2 vane de dimensiuni mari, sau printr-un număr mare de vane de dimensiuni mici.

Turnul de doi pereți concentrici legați cu pile radiale. Grătarele sunt fixate pe conturul exterior, iar vanele sunt dispuse la peretele interior. În alte situații, turnul prizei este numai o construcție de serviciu amplasată la intrarea în derivația sub presiune putând

^{*)} Radu Priscu, *Construcții hidrotehnice*, vol. II, 1974

descărca apa direct sau prin vane. Legătura prizei turn cu coronamentul barajului, sau cu malul, după caz, se face printr-o pasarelă de acces.

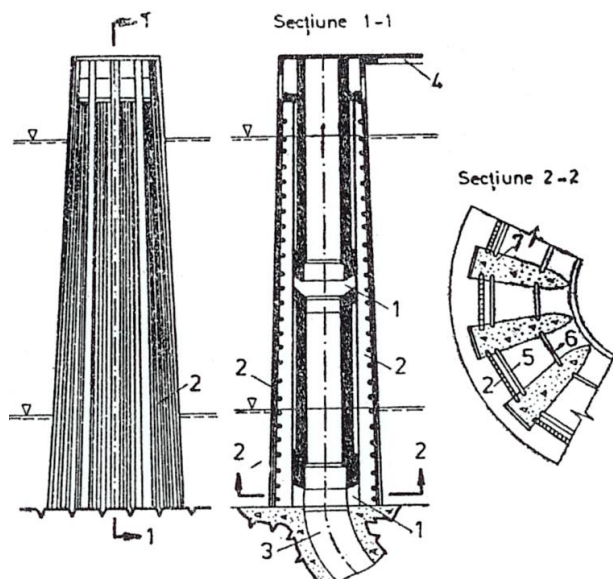


Fig. 1.34. Priză turn: 1 – deschideri de admisie; 2 – grătar; 3 – aducțiune; 4 – pasarelă de acces; 5 – nișe de batardou; 6 – vană; 7 – pilă

La proiectarea și construirea turnului apar probleme speciale datorate dimensiunilor mari, împingerii gheții, seismicității, cazului lac plin, presiunii vântului, cazului lac gol. Pentru o siguranță (rigiditate) mai mare se prevăd, în anumite cazuri, contraforți radiali, care au totodată și rolul de pile pentru susținerea grătarelor.

2. Priza de apă în turn cu ferestre de captare

Turnurile de captare, cu ferestre la anumite adâncimi, sunt recomandate în cazul acumulărilor adânci, cu variație mare a nivelului apei în lac, pentru asigurarea temperaturii necesare a apei pentru irigații.

Turnul de captare are – cum s-a mai spus – în general formă cilindrică, se sprijină pe o fundație, în care se încastrează și conductele de evacuare.

Partea superioară a turnului, deasupra nivelului maxim din rezervor, adăpostește instalațiile pentru manevrarea organelor de închidere și este legat cu uscatul (malul sau coronamentul barajului) printr-o pasarelă, pentru a facilita accesul personalului și utilajelor în cazul reparațiilor (fig. 1.35)*).

Ferestrele de captare sunt dispuse radial pe suprafața laterală a turnului, la diferite cote, facilitând captarea din straturi diferite de apă aflate la diverse adâncimi cu diverse temperaturi, în funcție de cota luciului apei din acumulare, și sunt protejate de pătrunderea plutitorilor cu grătare, închiderea lor se realizează cu stăvilare plane, sau curbate după curbura turnului.

Ferestrele au formă de dreptunghi, mărimea lor depinzând de debitul maxim captat la sarcină minimă, pe orificiul mare.

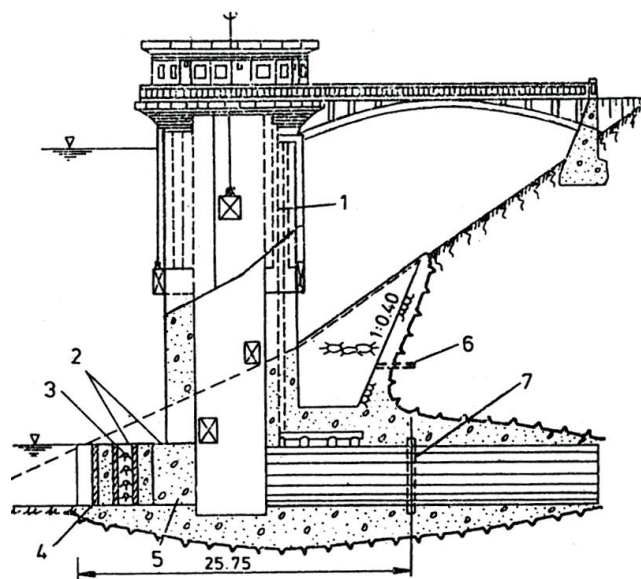


Fig. 1.35. Turn de captarea apei cu mai multe prize (ferestre): 1 – conductă de aerisire; 2 – uvraj pentru introducerea materialelor; 3 – batardou; 4 – umplutură nefinisată; 5 – beton de finisare; 6 – găuri de priză; 7 – joantă

Ferestrele de captare pot funcționa liber sau încat, eventual chiar la deversor (la captări din stratul superficial) în funcție de presiunile necesare pe conducta de plecare. În fundația turnului de captare se prevăd instalațiile de golire, cu posibilitate de protejare a acestora cu batardouri și deschideri pentru acces de vizitare, reparații etc.

3. Priza de apă cu tub de captare oblic

Barajul cu paramentul amonte înclinat se adoptă la acumulări de mică și medie adâncime, ca tip de priză, având ca scop asigurarea unei anumite temperaturi a apei captate.

Simplificarea construcției prizei cu mai multe ferestre de captare presupune rezemarea și ancorarea tubului (canalului) de captare pe paramentul amonte al barajului (fig. 1.36).

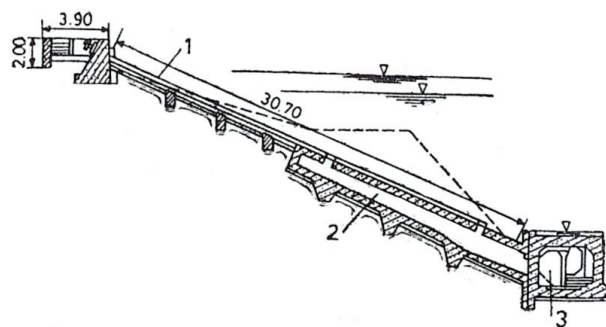


Fig. 1.36. Priză de apă cu tub oblic: 1 – dispozitiv de manevră; 2 – tub oblic; 3 – galerie de evacuare

*) Payngyang, 1984

Captarea de la diferite cote are loc prin deschiderea stăvilor – ferestrelor de captare – când fiecare fereastră este prevăzută cu stăvilă proprie, sau cu stăvilă dublă sau multiple glisante.

Ansamblul priză se compune din: *fundație* cu ancore pe parament, *tubul* (canalul) de captare prevăzut cu ferestre și stăvile individuale, sau cu fantă longitudinală de captare și stăvile glisante, *galeria* de evacuare (situată la piciorul tubului înclinat), *instalații* de *manevrare* a stăvilor (în partea superioară a barajului).

În general, aceste prize de apă este necesar să îndeplinească rol polivalent:

- să capteze apă la temperatura dorită;
- să asigure sarcină maximă turbinelor;
- să asigure alte calități ale apei;
- să permită vizitarea galeriei, conductei de aducțiune.

2° Aspecte legate de temperatura apei captate și regimul termic al acumulărilor

Captarea apei cu anumită temperatură depinde de: gradientul termic existent în acumulare, poziția și mărimea ferestrelor de captare, adâncimea totală a apei la turnul de captare și de condițiile de acces ale apei spre priză.

Totodată, influență majoră prezintă regimul termic al lacurilor și variația densității lichidului cu temperatura, respectiv cu presiunea.

Alegerea structurii și formei sistemului de priză de apă este determinată prin scopul de a proteja culturile, fie contra temperaturilor coborâte, fie contra temperaturilor ridicate. Temperatura apei acumulării variază de la un nivel la altul, mai ridicată la suprafață și mai coborâtă în adâncime (fig. 1.37).

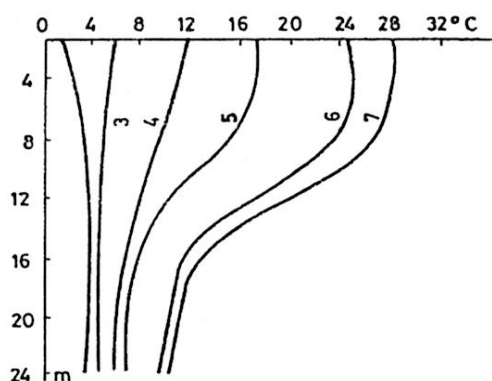


Fig. 1.37. Variația temperaturii apei cu adâncimea în acumulările din Coreea, lunile 1, 2 ÷ 7

Un sistem de captare care permite utilizarea apei la suprafață realizează un câștig de temperatură de 3-4°C, în raport cu apa din adâncime.

Pentru producția agricolă aceasta reprezintă un mare avantaj. Deci, pentru a proteja culturile agricole și

plantațiile vitipomicole contra temperaturilor scăzute, se recomandă captarea apei de la suprafața acumulării, iar pentru a le proteja contra temperaturilor atmosferice ridicate, captarea trebuie făcută din straturile mai adânci ale acumulării.

Majoritatea lacurilor de pe teritoriul țării noastre se încadrează în categoria lacurilor dimictice^{*)}.

Elementul caracteristic este temperatura densității maxime: primăvara și toamna, în aceste anotimpuri se obține omogenizarea temperaturii pe toată adâncimea la 4°C.

Diferențierea termică a apei cu adâncimea are loc în perioada de vară în funcție de încălzirea de la suprafață.

Temperatura apei la suprafață, cu media lunii celei mai calde, până la 10°C (caracteristic zonelor alpine) caracterizează lacurile reci, de la 10-20°C (specific zonei montane carpatice), caracterizează lacurile moderate, iar de la 20°-30°C (zonele de deal și câmpie) caracterizează lacurile calde.

Stratificația termică tipică pentru lacurile din România este exemplificată prin acumularea Izvorul Muntelui, având adâncime suficientă pentru reprezentarea dinamicii complete, cu epi-mezohipolimnion normal (fig. 1.38).

În cazul lacurilor cu adâncime mică stratificația de temperatură este incompletă, existând și cazuri de uniformizare termică de origine eoliană.

Temperatura maximă a apei de la suprafață diferă de zonalitatea geografică astfel: în Dobrogea 30°C până la 33°C, în regiunile de câmpie și de deal 28°C ÷ 35°C, iar în zonele muntoase 14°C ÷ 25°C.

După cum se observă în figura 1.38 variația temperaturii în lac în perioada de vară se poate aproxima cu o dreaptă pentru adâncimi de până la 35-40 m.

În jurul acestei adâncimi are loc racordarea variației temperaturilor de suprafață cu temperatura la fund (în jurul valorii de 4°C).

Densitatea apei variază cu temperatura astfel:

$$\rho = \rho_0 [1 - \beta_t (t - t_0)] \quad (1.27)$$

pentru temperaturi peste 4°C, unde β_t este coeficient de dilatare termică a apei:

$$\beta_t = 1,35 \cdot 10^{-4} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

Totodată densitatea depinde și de variația presiunii cu adâncimea:

$$\rho = \rho_0 \cdot e^{\beta_p (p - p_0)} \quad (1.28)$$

în care:

β_p este coeficientul de compresibilitate cubică a apei ($\beta_p \cong 5 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N}$);

$$p - p_0 = \gamma h.$$

^{*)} Ujvari, I., *Geografia apelor României*, Editura Științifică, București, 1972

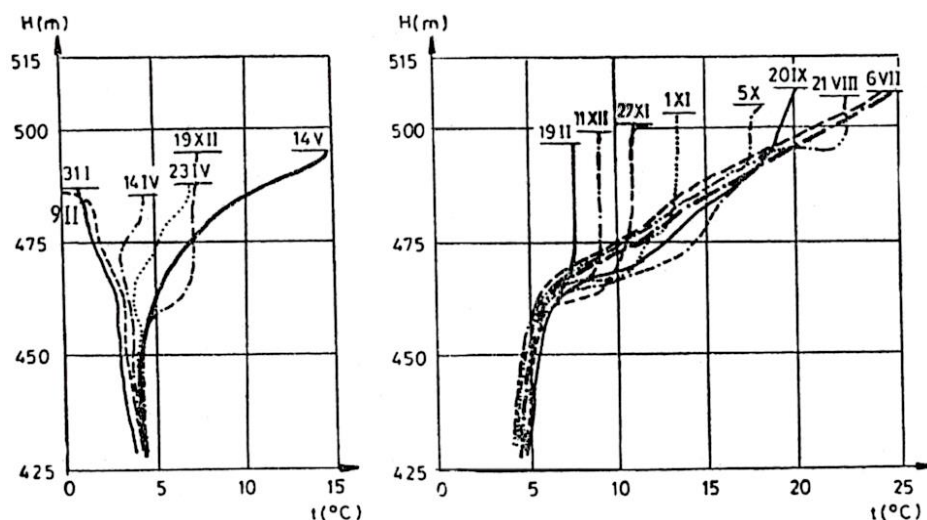


Fig. 1.38. Variația temperaturii apei în lacul de acumulare Izvorul Muntelui

Prin dezvoltarea în serie Taylor a relației și neglijând termenii care conțin pe β_p la puteri supraunitare, se obține

$$\rho = \rho_0 \left[1 + \beta_p (p - p_0) \right] \quad (1.29)$$

Variația temperaturii cu $\Delta t = 20^\circ\text{C}$, pe adâncimea $h = 30\text{--}40\text{ m}$, implică o variație a densității, care crește în adâncime (odată cu scăderea temperaturii) de circa 2,7%, iar variația presiunii se suprapune cu acest efect, mărește densitatea însă neglijabil, la 40 m de 1,00000002 ori. Astfel influența variației presiunii asupra densității este neglijabilă.

3° Metoda determinării poziției ferestrelor de captare într-un turn de priză pentru prelevarea apei cu temperatură dorită¹⁾

1) Analizarea și dezvoltarea teoretică a problemei adâncimii de captare

Ținând seama de variația temperaturii apei într-o acumulare, suficient de adâncă pentru dezvoltarea unei stratificări normale, se poate admite o variație liniară a temperaturii cu adâncimea. În acest caz și variația densității este tot o funcție liniară în raport cu adâncimea (fig. 1.39), caracterizată prin ecuația 1.30:

$$\rho = \rho_f - \frac{\rho_f - \rho_s}{d} (d - h) = \rho_s + \frac{\rho_f - \rho_s}{d} h \quad (1.30)$$

În general curgerea apei dintr-un rezervor infinit de mare spre o fereastră de priză considerată punctuală (la captare prin turn cilindric) prezintă o simetrie axială.

Ecuatiile diferențiale ale mișcării pentru un lichid

greu, fără vâscozitate, sunt ecuațiile lui Euler, scrise în coordonate cilindrice, sub forma:

$$u \frac{\partial u}{\partial r} + \omega \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{1}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial r} \quad (1.31)$$

$$u \frac{\partial \omega}{\partial r} + \omega \frac{\partial \omega}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial z} - g$$

în care:

u este componenta radial orizontală a vitezei,

ω – componenta verticală a vitezei de apropiere de fereastra de captare,

p – presiunea la nivelul

ferestrei de captare,

ρ_s – densitatea apei la suprafață,

g – accelerația gravitațională.

Admițând variația liniară a densității apei cu adâncimea de forma (1.30), prin înmulțirea ecuațiilor (1.31) cu $\sqrt{\rho_s / \rho_f}$ se obține:

$$\sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} u \frac{\partial \left(\sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} u \right)}{\partial r} + \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} \omega \frac{\partial \left(\sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} u \right)}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_f} \frac{\partial p}{\partial r} \quad (1.32)$$

$$\sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} u \frac{\partial \left(\sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} \omega \right)}{\partial r} + \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} \omega \frac{\partial \left(\sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} \omega \right)}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_f} \frac{\partial p}{\partial z} \cdot g$$

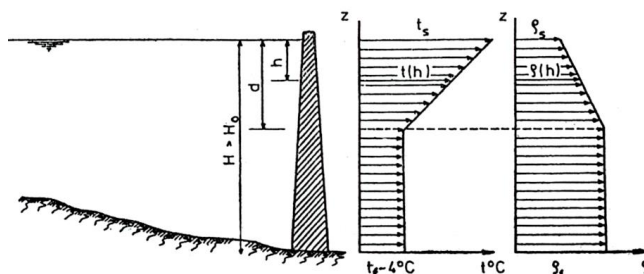


Fig. 1.39. Schematizarea variației temperaturilor și densității apei într-un lac de acumulare suficient de adânc

$$\text{Notând cu } u' = u \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} \text{ și } \omega' = \omega \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_f}} \quad (1.33)$$

ecuația (1.31) devine:

¹⁾ Irrigation en R.P.D. Coreea, Ed. Agricoles, Pyongyang, 1984

$$u \frac{\partial u}{\partial r} + \omega \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{1}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial r} \quad (1.34)$$

$$u \frac{\partial \omega}{\partial r} + \omega \frac{\partial \omega}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_s} \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{\rho_s}{\rho f} g$$

Făcând schimbarea de variabilă

$$\psi = \frac{\omega}{u d}, \quad \xi = \frac{r}{d} \sin \eta = \frac{z}{d} \quad (1.35)$$

după derivarea relațiilor (1.34) în raport cu ∂ și ∂_r , se obține:

$$\frac{1}{\xi^2} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial \eta^2} - \frac{1}{\xi} \frac{\partial \psi}{\partial \xi} \right) + \frac{\psi}{Fr \rho} = -\frac{\eta}{Fr \rho} \quad (1.36)$$

unde numărul Froude densimetric este:

$$Fr \rho = \frac{Q^2}{(\delta \theta \sqrt{g \beta})^2} \quad (1.37)$$

Conform figurii 1.40, s-au notat:

Q – debitul ferestrei,

δ – grosimea stratului de curent,

θ – unghiul curentului,

β – panta densității relative

$$\beta = \frac{\rho_f - \rho_s}{\rho_f \cdot d}$$

d – adâncimea apei în acumulare (sau aferentă gradientului termic liniar).

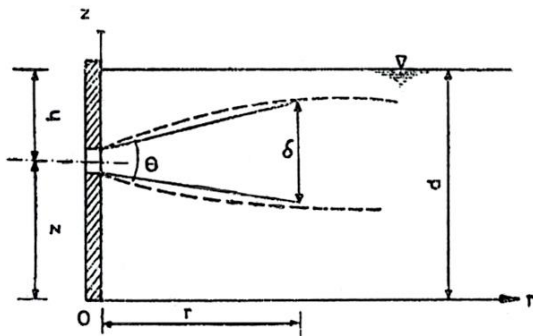


Fig. 1.40. Schema de calcul a curentului cu densitate variabilă

Debitul ferestrei de captare, identic cu cel al curentului de apropiere de fereastră din acumulare, se poate exprima prin relația orificiilor neînecate:

$$Q = \mu A \sqrt{2gh} \quad (1.38)$$

în care:

μ este coeficientul de debit,

A – secțiunea ferestrei de captare,

h – adâncimea la care se află centrul ferestrei de captare sub nivelul liber.

Orificiul funcționează neîncetat, întrucât nivelul din turnul de priză este inferior cotei ferestrei de captare.

Înlocuind debitul orificiului în expresia numărului Froude densimetric, se obține grosimea curentului

de apropiere spre fereastră

$$\delta = \left(\lambda \mu A \sqrt{\frac{h}{\beta}} \right)^{1/3} \quad (1.39)$$

unde coeficientul λ depinde de poziția relativă a ferestrei h/d și este de fapt o corecție pentru orificii mari.

Valoarea lui λ este

$$\lambda = \frac{\sqrt{2}}{Fr_g \cdot \theta} \quad (1.40)$$

Calibrarea experimentală a lui λ în funcție de h/d indică corecția:

$$\lambda = \frac{\alpha \cdot 0,45}{0,134 + 0,19 \left(1 - 2 \frac{h}{d} \right)} \quad (1.41)$$

în care:

$\alpha = 1$ pentru $Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$ și

$\alpha = 1,17 + 1,02 h/d$ pentru $Q > 10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Relația (1.39) arată că grosimea stratului captat depinde de mărimea secțiunii ferestrei A și de adâncimea la care ea este amplasată, de fapt de debitul captat.

2) Determinarea poziției ferestrei de captare.

Exemplu

Fiindcă stratul de curent ce intră prin fereastră prizei este simetric față de axa centrală a ferestrei, profunzimea stratului de curent se exprimă prin:

$$d_c = h + \frac{\delta}{2} \quad (1.42)$$

Când fereastră de priză este aproape de suprafață cu $h < \rho/2$, profunzimea stratului de curent se consideră egală cu grosimea acestui strat. Astfel dependența care se stabilește între debitul captat și profunzimea stratului de curent este exprimată de figura 1.41, în cazul în care profunzimea ferestrei de priză h este cuprinsă între 1 și 5 m.

Se constată că debitul ferestrei crește cu creșterea sarcinii pe fereastră (aproape cu \sqrt{h}).

Schimbarea bruscă a mărimii ferestrei de captare implică modificarea bruscă a debitului captat. Cele specificate se remarcă în special la ferestre de captare mici care lucrează la sarcini mari.

Partea inferioară a figurii 1.41. scoate în evidență creșterea grosimii stratului captat în funcție de creșterea debitului prizei.

Creșterea sarcinii pe fereastră implică creșterea profunzimii stratului captat. Astfel, la prize superficiale, debitul este redus și favorizează mișcarea apei calde spre captare.

Creșterea sarcinii h pe fereastră implică o rată mică de creștere a profunzimii stratului d_c , ceea ce favorizează captarea apei reci.

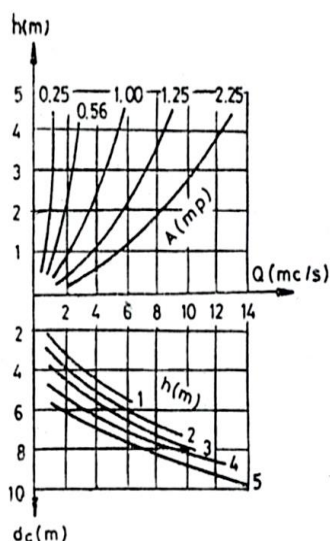


Fig. 1.41. Relația între debit, profunzimea stratului de curent și a ferestrei de captare ($p = 10^4$)

Limitarea sarcinii pe fereastră și a debitului captat cum este redat în tabelele nr. 1.9 și 1.10 concurează la preluarea stratului de curent situat în stratul de apă caldă din acumulare.

Tabelul nr. 1.9. Valoarea debitelor limită q (m^3/s)

h (m) / H (m)	1	2	3	4	5
2	0,5	-	-	-	-
3	1,0	0,5	-	-	-
4	2,1	1,5	0,5	-	-
5	3,6	2,5	2,0	0,5	-
6	6,2	5,2	4,5	1,8	0,5
7	16,0	10,0	8,0	5,2	2,0
8	-	-	20,0	12,2	5,0

Tabelul nr. 1.10. Sarcina limită pe fereastră de priză h (m)

A (m^2)	2,25	1,56	1,00	0,56	0,25	0,1
H (m)	$(1,5 \times 1,5)$	$(1,25 \times 1,25)$	$(1,0 \times 1,0)$	$(0,75 \times 0,75)$	$(0,50 \times 0,50)$	$(0,30 \times 0,30)$
3	-	-	-	-	1,5	2,0
4	-	-	1,0	2,0	2,5	3,0
5	-	1,5	2,5	2,8	3,5	3,8
6	2,0	3,0	3,5	3,8	4,3	4,7
7	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6
8	4,3	4,7	5,0	5,7	5,7	6,0

În tabelele nr. 1.9 și 1.10 s-au obținut grosimea stratului de apă caldă H și este posibilă definirea debitelor limită (corespunzătoare sarcinii pe fereastră de priză) și în același timp sarcina limită pe fereastră și secțiunea A a acesteia.

Pe această bază se dispun ferestrele de priză în funcție de capacitatea de captare, existând posibilitatea elaborării documentației pentru poziționarea ferestrelor, în scopul captării apei la temperatura dorită.

4° Măsurile constructive speciale, antiseismice, la turnurile de priză

Turnurile de priză (captarea apei) situate în zone activ seismice sunt confruntate în timpul exploatării fie cu cutremure moderate, cu frecvență mai mare, apa din lac introducând solicitări suplimentare.

Turnurile fiind structuri tip consolă, capacitatea de ductilizare și amortizare este limitată. În cazul cutremurelor violente are loc ruperea și chiar prăbușirea turnurilor prin prăbușirea armăturii tensionate și strivirea betonului în zona comprimată (exemplu cutremurul din 1971 San Fernando – SUA., când turnul de priză al barajului a fost rupt la circa 6 m de la bază, imediat deasupra blocului de fundare (fig. 1.42) prin strivirea betonului și curgerea armăturii).

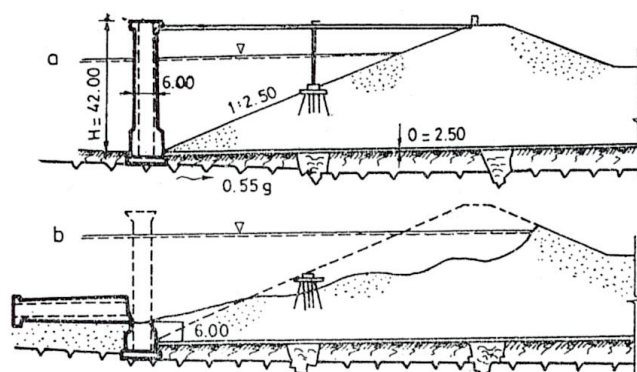


Fig. 1.42. Prăbușirea turnului de priză de la barajul San Fernando aval: a) înainte de avariere; b) după avariere

Solicitarea seismică, dată de o accelerație în amplasament de circa 0,55 g, a fost suplimentată și de împingerea taluzului amonte care a alunecat în timpul cutremurului. Turnul de priză de la barajul Otani-ike (Japonia) s-a prăbușit (cutremurul Nankai din 1946) prin strivirea betonului și flambarea armăturii. Ambele turnuri – amintite mai sus – construite înainte de 1920 n-au fost verificate la solicitări seismice, iar procentul de armare a fost sub 1%.

O sinteză după (R. Prișcu și colab., 1980) a tipurilor de avarie seismică a turnurilor submersate este prezentată în figura 1.43.

În majoritatea cazurilor apar fisuri, crăpături sau chiar ruperi la baza turnului, deasupra blocului vanelor (fig. 1.43.a). În cazul turnurilor parțial îngropate și submersate secțiunea afectată este situată în apropierea contractului cu versantul sau cu umplutura (fig. 1.43.b).

Turnurile de priză ale amenajărilor moderne au fost puțin afectate chiar la marile cutremure. Exemplu cutremurul de la Kitomino – Japonia 1961, când turnul barajului Miboro nu a înregistrat avarii structurate, deși solicitarea seismică a avut în amplasament 0,24 g, iar înălțimea turnului este de 100 m. Singurele urmări au fost desprinderea pasarelei de acces și răsturnarea unor elemente de batardou.

Prezența apei din lac – submersia turnului – conduce la mărirea perioadelor de vibrație a structurii și la reducerea amortizării. Accelerațiile de răspuns cresc odată cu submersia. Apa din interior conduce la rândul ei la amplificarea răspunsului, afectând inerția structurii; apa se mișcă solidar cu turnul.

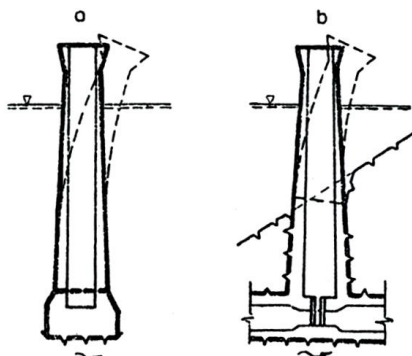


Fig. 1.43. Tipuri de avariere seismică a turnurilor de priză:
a) submersate; b) submersate și parțial îngropate

În cazul turnurilor parțial îngropate sau amplasate în corpul de umplutură al barajelor, răspunsul seismic al turnului este direct influențat de răspunsul umpluturii.

Comportarea seismică a turnurilor de priză este direct influențată de interacțiunea între turn și apa din lac.

Metodele de calcul seismic urmăresc reproducerea răspunsului structural sub acțiunea inerției proprii și a efectelor hidrodinamice date de apa înconjurătoare.

Modelul de calcul cel mai utilizat este acela al consolei încastrate în fundație, având masele concentrate într-un număr de puncte pe înălțime (fig. 1.44 a).

Modele dinamice mai perfecționate sunt prezentate în figura 1.44. a, b și c (Popovici A. ș.a.). Primul model permite consolidarea interacțiunii turn – teren de fundare, iar cel de al doilea permite și includerea interacțiunii turn – umplutură sau turn – versant, în cazul turnurilor parțial îngropate. Interacțiunea cu apa din lac se tratează prin același procedeu al maselor adiționale.

O proiectare rațională trebuie să admită comportarea elastică a structurii în cazul cutremurelor moderate, respectiv comportarea inelastică, însoțită de fisurarea betonului și curgerea armăturii, în cazul cutremurelor violente (Chopra, A.K. ș.a., 1977; Prișcu, R. ș.a. 1980).

Menținerea răspunsului seismic în limite elastice, chiar pentru cutremure violente, poate conduce la supradimensionări (exemplu, cu patru rânduri de armătură longitudinală fretată, pentru o grosime de beton a turnului de 3 m, pentru turnul de priză Van. Norman).

Capacitatea de ductilizare a structurii are rol important în dimensionarea turnurilor. Pentru turnurile de apă, factorul de ductibilitate admisibil este $\mu = 2$ (Godowski, S.A., Roma 1973).

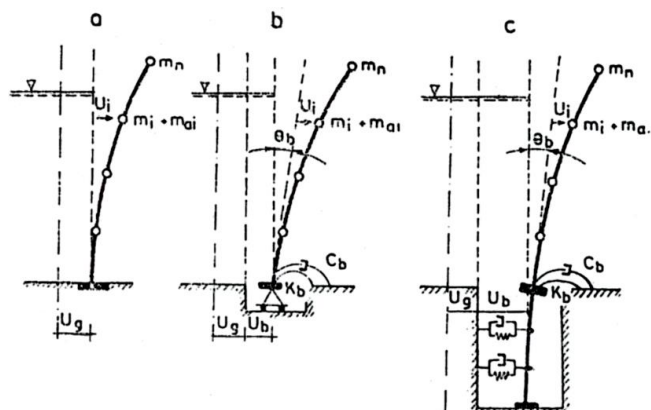


Fig. 1.44. Modele dinamice simplificate pentru turnurile de priză (A. Popovici): a) interacțiunea turn lac; b) interacțiunea turn lac-teren de fundare; c) interacțiunea turn-lac-umplutură sau versant

Factorul de ductibilitate se definește ca raportul dintre deplasarea seismică maximă și deplasarea seismică corespunzătoare limitei elastice.

Măsurile constructive antiseismice adoptate de tehnica mondială se pot grupa (R. Prișcu ș.a., 1980) în:

- adoptarea de turnuri cu secțiune circulară sau poligonală axial simetrică, pentru a uniformiza sollicitarea seismică în secțiune;
- mărirea grosimilor de la coronament spre bază, pentru a uniformiza sollicitarea seismică pe înălțimea turnului;
- realizarea de blocuri de fundație masive, pentru a mări stabilitatea laterală și a micșora amplitudinea mișcărilor seismice de răspuns;
- adoptarea unor procente de armare de 2-4%, în funcție de seismicitatea amplasamentului și utilizarea de bare de oțeluri mai mici pentru a evita fisurarea excesivă a betonului;
- dispunerea armăturii verticale pe două sau mai multe rânduri, fiecare rând fretat cu armătură inelară corespunzătoare, pentru a mări factorul de ductibilitate.

1.4.2. CAPTĂRI DIN ACUMULĂRI SUBTERANE PENTRU ASIGURAREA UNOR DEBITE ȘI TEMPERATURI RELATIV UNIFORME ALE APEI, CA ȘI PENTRU REDUCEREA SUPRAFEȚELOR OCUPATE DE LUCRĂRI

1° Prezentarea generală – scop, condiții, amplasare

Pentru a se asigura apa necesară irigației și alimentării cu apă în zone cu resurse de apă deficitare, se utilizează stocarea volumelor necesare în acumulări de

suprafață realizate prin bararea transversală a unui curs de apă, într-un amplasament favorabil.

Se pot remarca o serie de dezavantaje ale acestui tip de rezervor de suprafață: scoaterea din circuitul agricol a unor suprafețe întinse de teren; pierderi de apă prin evaporație (cu concentrarea salinității), prin infiltrații în cuva lacului și pe sub baraj; colmatarea lacului; volume mari de materiale în corpul barajului și, uneori, instabilitatea construcției de barare; necesitatea unor construcții funcționale auxiliare complicate (descărcări, disipatori); tronsonarea cursului de apă.

În anumite situații de alimentări cu apă potabilă sau pentru irigații, sursa de apă este constituită de rezervele de apă freatică.

În cazul unor acvifere bogate și de bună calitate, captarea apei se poate face prin puțuri cu drenuri radiale (fig. 1.45).

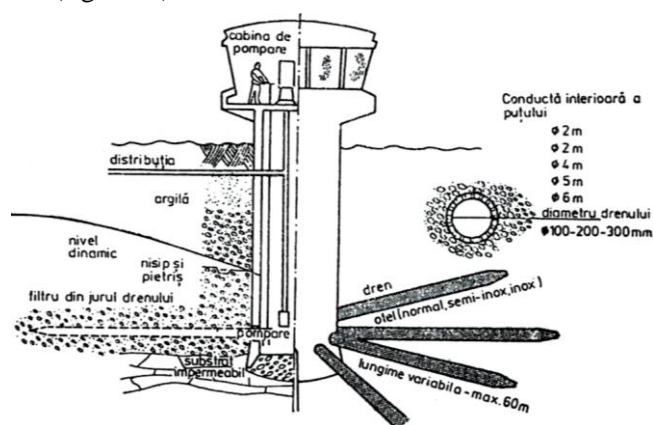


Fig. 1.45. Secțiune printr-un puț cu drenuri radiale

Soluția, elementele componente, dimensiunile (relative), poziția diferitelor elemente față de nivelul terenului și de cabina de pompare, sunt explicit redate în figura 1.45 încât nu necesită explicații suplimentare.

Ceea ce trebuie subliniat se referă la necesitatea unor studii: prospecțiuni hidrogeologice ample asupra pânzelor subterane, asupra posibilităților de captare, asupra determinării zonelor de implantare a puțurilor, asupra debitelor și calității apei, cu definirea caracteristicilor amenajărilor și echipamentelor.

În cazul unui deficit de apă pronunțat în bazinul subteran sau al unei exploatare nerațională, se poate aplica metoda de îmbogățire cu apă a straturilor subterane, prin infiltrație artificială, dirijată din bazine speciale. Această metodă este dificil de aplicat, prezentând și alte dezavantaje: necesitatea unei rețele de canale pentru transportul apei dintr-o sursă de suprafață (râu) către bazine, ocuparea unei suprafețe agricole, înlocuirea la anumite intervale de timp a stratului filtrant de pietriș mărgăritar și de nisip colmatate, necesitatea limpezirii apei prin decantare și filtrare și uneori necesitatea folosirii unor puțuri adânci de infiltrație.

În anumite condiții este posibil a se realiza un tip

deosebit de amenajare, care să permită îmbinarea celor două soluții prezentate, conducând totodată la eliminarea dezavantajelor menționate. Acest tip de amenajare se poate realiza în zona colinară a unui curs de apă cu fund permeabil și pat aluvionar cu granulație mare sau mijlocie și care prezintă un aport subteran suficient de mare și stabilitate geomorfologică.

Îmbogățirea și gospodărirea rațională a rezervei de apă subterană, într-o anumită secțiune, se poate obține prin realizarea unei acumulări artificiale subterane de apă, prin bararea scurgerii sub albia minoră și majoră a cursului de apă, cu un baraj îngropat transversal. O astfel de amenajare permite captarea prin mijloace simple a apei din acumulare, indiferent de variația nivelului în cursul de apă de suprafață și chiar în caz de secare a acestuia, precum și transportul gravitațional al apei către consumatorii (irigații, alimentări cu apă) amplasați în aval, la o cotă inferioară.

2° Elemente constructiv-funcționale și condiții de aplicare

Principalul component al amenajării îl constituie barajul subteran (sub albie), amplasat transversal față de sensul de curgere al apei, având forma de V cu ariile egale sau inegale, încastrate în malurile luncii și având vârful orientat spre aval (fig. 1.46, 1.47, 1.48)¹⁾.

Barajul este realizat într-o tranșee trapezoidală (1) pe fundul căreia este turnată monolit fundația de beton (2) pe care se pozează longitudinal galeria de captare (3) integrată în corpul barajului (4).

Corpul barajului se execută din zidărie de piatră sau eventual din elemente prefabricate din beton (de exemplu din blocuri tip „fluture”) și este delimitat spre aval de un perete (5) de etanșare din argilă bătută (sau beton), iar la partea superioară de o carcasă din beton (6) cu rol de protecție. Această carcasă se realizează sub formă de prag deversant și depășește cel mult 0,30-0,50 m fundul stabil al albiei râului, având rolul și de reducere a colmatării în zona construcției prin mărirea vitezei apei și de îmbunătățire a infiltrației apei în cazul nivelurilor foarte mici de râu.

Cele două galerii de captare (3) ($I_{long} = 0,2-0,4\%$) sunt executate din zidărie de piatră sau din elementele prefabricate din beton ce alcătuiesc corpul (4), (figurile 1.48 și 1.49) prin realizarea spre amonte a ferestrelor (7), prevăzute cu grătarele (8) realizate din fier beton sau (mai bine) din împletitură de fascine și protejate de un strat filtrant de pietriș sortat (9). Galeria conduc apă captată către un puț (10) cu rol de colectare – vizitare, vertical, având secțiunea circulară sau ovoidală cu vârful spre amonte, realizat din prefabricate din beton armat, eventual turnat monolit, sau cheson.

¹⁾ Reperetele se citesc pe cele 3 figuri în comun

Puțul (10) este amplasat de regulă asimetric în albie, în apropierea malului unde se află consumatorul și este prevăzut la partea superioară cu planșeul (11) în care este practică o deschidere acoperită cu capacul (12). Planșeul este racordat cu malul printr-o punte de legătură (14), protecția fiind asigurată de un grilaj metalic. O scară (13) pozată pe peretele interior, permite accesul în interiorul puțului. Către aval, în apropierea bazei, este practicat un orificiu mare în peretele puțului, la care se racordează o galerie (15) de aducțiune a apei către consumator, îngropată pe o lungime ce depinde de configurația locală a terenului.

Galeria de aducțiune, executată din beton, are secțiunea transversală tip potcoavă de cal, circulară sau dreptunghiulară și se continuă cu un canal deschis (16), cu secțiune trapezoidală, care conduce gravitațional apa către rezervorul (consumatorul) situat în aval.

Galeria (15) este prevăzută la capătul aval cu un sistem de două obturatoare, unul frontal (17), din care se reglează debitul de consumator, în funcție de aportul de apă în acumularea subterană (respectiv nivelul apei în puțul colector) și altul lateral (18), de securitate, necesar pentru descărcarea în râu a debitelor în surplus, atunci când consumatorul nu utilizează apa, precum și pentru spălarea instalației.

Obturatorul (18) joacă rolul evacuatorului de fund de la barajele de suprafață, menținând la exploatare nivelul de apă dorit în acumularea subterană.

Pintenii barajului îngropat (19) se încastrează în mal, se consolidează suplimentar și se racordează cu carcasa de protecție de la partea superioară.

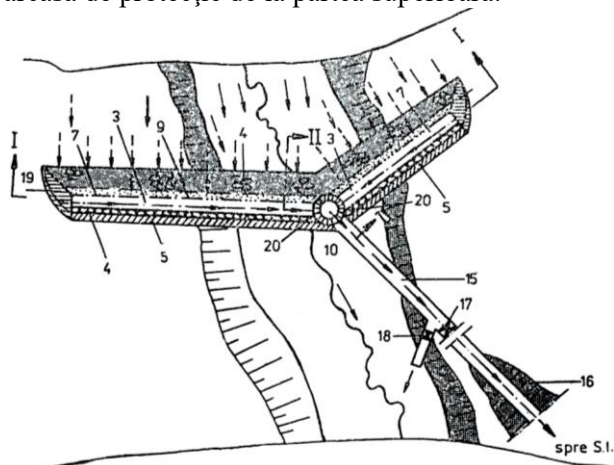


Fig. 1.46. Secțiunea în plan orizontal (III-III) - v și fig. 1.47:
1 – tranșee; 2 – fundație; 3 – galerii de captare; 4 – corpul barajului; 5 – perete de etanșare din argilă bătută (sau beton); 6 – prag / carcasă de protecție; 7 – ferestre de captare; 8 – grătare (site); 9 – strat filtrant; 10 – puț de colectare / vizitare; 11 – planșeu; 12 – chepeng de acces; 13 – scară interioară; 14 – pante de legătură; 15 – galerie de aducțiune; 16 – canal de aducțiune; 17 – obturator (vană) de reglaj Q ; 18 – obturator de siguranță; 19 – pinenți de încastrare în mal; 20 – obturatoare galerii (individuale)

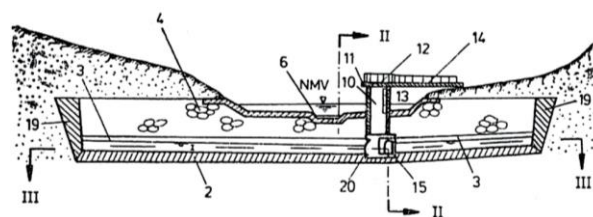


Fig. 1.47. Secțiune verticală longitudinală (I-I) (v. legenda fig. 1.46)

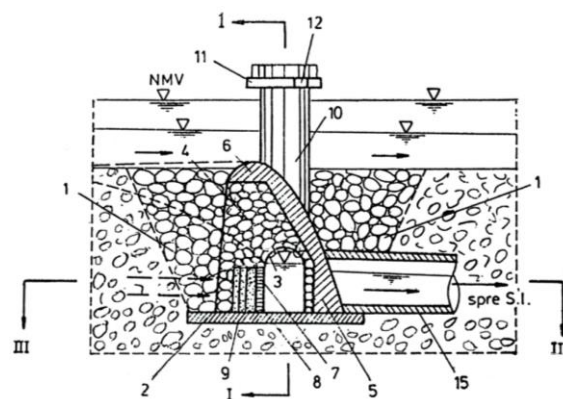


Fig. 1.48. Secțiune verticală transversală, cu vedere (II-II) (v. legenda din fig. 1.46)

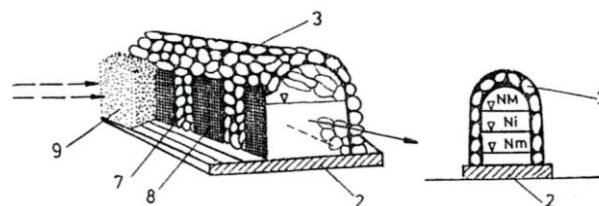


Fig. 1.49. Detalii galerie captare (v. legenda fig. 1.46)

În figura 1.50 se prezintă un exemplu de amenajare a sursei de apă, cu transport gravitațional către consumator.

Tipul de amenajare prezentat se pretează la următoarele condiții locale:

- curs de apă cu aport de suprafață permanent sau nepermanent;
- zona colinară, de deal, a cursului de apă;
- aport subteran suficient;
- pat aluvionar cu granulație mare sau mijlocie;
- stabilitate geomorfologică;
- maluri rezistente, terasă la nivel sau înaltă;
- înclinarea stratelor de preferință relativ paralelă cu axa longitudinală.

În comparație cu o acumulare de suprafață cu baraj subteran și cu metodele clasice de îmbogățire a pânzelor de apă freatică, se evidențiază următoarele avantaje în cazul acumulării subterane:

- crearea de rezerve de apă în subteran, sub albia cursului de apă;
- îmbogățirea pânzelor de apă freatică în zona de influență;

- gospodărirea rațională a apelor subterane (sub albie), care în general nu sunt utilizate;
- toate avantajele unei acumulări de suprafață, dar cu evitarea pierderilor de apă prin evaporație, reducerea presiunii hidrostatice, reducerea (minimalizarea) terenului scos din circuit, evitarea colmatării acumulării;
- amplasamentul nu depinde de forma și lărgimea văii cursului de apă;
- economii apreciable de materiale în raport cu un baraj în albie;
- utilizarea unor materiale locale, fără pretenții deosebite, pentru realizarea barajului;
- posibilitatea utilizării prefabricatelor;
- stabilitate mare a barajului (îngropat) într-o tranșee transversală;
- funcționarea captării chiar și la niveluri reduse în cursul de apă de suprafață și chiar în caz de secare;
- evitarea colmatării râului în secțiunea lucrării;
- evitarea afluerilor în aval de lucrare, prin faptul că nu se produc modificări ale scurgerii normale în albia râului;
- eliminarea construcțiilor greoaie, dificile, de descărcare și disipare a energiei;
- captarea și transportul apei gravitațional către consumatori, prin construcții de priză și de aducțiune simple;
- control simplu și sigur al funcționării, cu exploatare ușoară;
- posibilitatea automatizării hidraulice simple a funcționării ansamblului (cu comandă din aval și restricții din amonte).

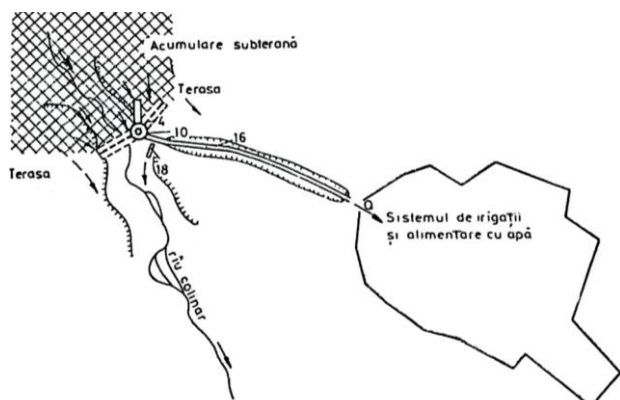


Fig. 1.50. Exemplu de amenajare (v. legenda fig. 1.46)

3° Indicații privind calculul elementelor componente

Condiții de scurgere și interceptie a scurgerii

În practică se pot întâlni mai multe situații, calculele efectuându-se conform specificului fiecăreia (D. Prepeliță).

Captarea apelor subterane se consideră de tip orizontal, cu drenuri (galerii) perfecte (I), dacă acestea

se construiesc pe substrat impermeabil, sau imperfecte (II), dacă se construiesc mai sus față de substratul impermeabil. Captarea este cu acțiune frontală, cu alimentare dintr-o singură parte (în sensul curgerii apei), de tip interceptant, întrucât elementele captatoare sunt pozate transversal față de direcția curentului subteran.

Există uneori posibilitatea alimentării și din terasă, dar în general debitele din această direcție sunt mici, iar dacă direcția curentului este aproximativ paralelă cu direcția principală a curgerii sau albie, acest aport se neglijează (cazul nivelurilor normale în râu).

Legătura dintre apa din stratul freatic din luncă – terasă și apa de râu, la diferite niveluri, se poate prezenta astfel (fig. 1.51):

- la ape mari în râu este alimentată și terasa, iar surplusul de apă poate ocoli barajul, prin (pe sub) terasă; și își continuă drumul spre aval (1.51 a);
- la ape mici (sau secetă) în râu (1.51 b), apa freatică din terasă și de sub albie se concentrează în secțiunea de amplasare a lucrării, obținându-se efectul de îmbogățire (acumulare subterană) sub albie.

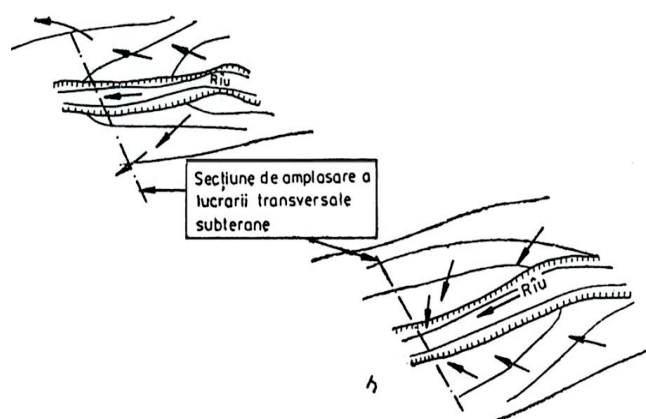


Fig. 1.51. Corelația terasă – râu: a) la ape mari (viituri); b) la ape mici (secetă)

Analizând spectrul mișcării apei din acumularea subterană către cele două galerii (drenuri) de captare interceptoare, rezultă că se poate capta un debit Q_c care se scurge pe frontul de strat de lărgime $B = L_c$ cu o lungime totală de galerie $l_{real} < \alpha_{calcul}$ (fig. 1.52).

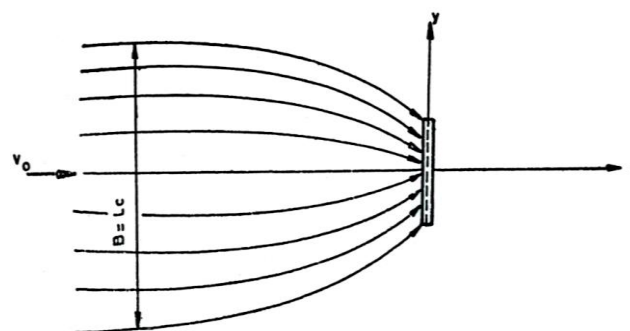


Fig. 1.52. Spectrul mișcării apei freatice către galeria captoare

Elementele de dimensionare

• **Dimensionarea captării.** În principiu, *dimensionarea captării* cu galerii interceptoare frontale, alimentată dintr-o singură parte (latura amonte), constă în determinarea: lungimii totale a galeriei (L_c), denivelării în galerie (h_c), dimensiunilor secțiunii transversale și pantei longitudinale a galeriilor.

Schema de calcul pentru cazul arătat mai sus, cu pozarea galeriei pe pat impermeabil, înclinat cu o pantă mijlocie ($0,003 < I < 0,01$), în situația cea mai nefavorabilă – râu secăt (v. fig. 1.51 b) și dren perfect (I) se prezintă astfel (fig. 1.53):

– **debitul specific** al galeriei are expresia:

$$q = H \cdot K \cdot I = h \cdot k \cdot J \quad (\text{l/sm}) \quad (1.43)$$

în care:

H este grosimea stratului de apă neinfluențat de captare (NH);

I – panta patului impermeabil;

J – panta suprafeței libere, la distanța x de galerie.

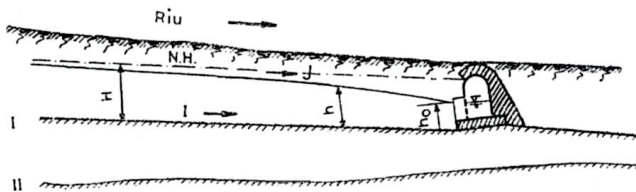


Fig. 1.53. Schema de calcul – ipoteza I „aport minim”

– **lungimea** L_c a galeriei interceptoare (totală pentru ambele ramuri):

$$L_c = K_s \cdot \frac{Q_c}{H_{\min} \cdot K \cdot i} \quad (\text{m}) \quad (1.44)$$

în care:

K_s este coeficient de siguranță;

Q_c – debitul de calcul al captării (m^3/s);

H_{\min} – grosimea medie a stratului de apă subterană cu nivel liber pe lungimea frontului de strat acvifer, considerat la nivelul cel mai scăzut al apei subterane, în m;

K – coeficient mediu de permeabilitate (m/s);

i – panta hidraulică medie a curentului subteran.

În cazul când galeria este un dren imperfect (II), adică talpa acestuia se pozează deasupra stratului impermeabil, de bază, se înlocuiește în formulă grosimea H_{\min} a stratului de apă cu grosimea H_{\min} calculată de la nivelul hidrostatic minim până la radierul galeriei.

– **denivelarea apei** la intrarea în galerie caz I (și $I > 0,003$):

$$h_o = \sqrt{H^2 - \frac{2q \cdot X_{\max}}{K}} \quad (1.45)$$

în care:

X_{\max} este zona de acțiune.

Nivelul apei în galerie este mai coborât decât

nivelul apei în strat la intrare (h_o) cu înălțimea de izvorâre:

$$\Delta h = \alpha \cdot \frac{q}{K} \quad (1.46)$$

în care:

$$\alpha = 0,60-0,75$$

În cazul II problema este mai complicată și se vor face determinări și verificări experimentale. În situația în care acumularea subterană este plină și nivelul apei în râu este mare (maxim) se consideră că drenul captează apa dintr-un bazin subteran sub presiune (intervine efectul de bazin), caz în care panta nu mai influențează captarea ($I = 0$) și nici curentul paralel (de terasă).

– **secțiunea transversală** a galeriei se stabilește din considerente hidraulice constructive și de exploatare. Forma este, cel mai frecvent, cea de potcoavă de cal. Calculul hidraulic se face astfel încât, la scurgere cu nivel liber în galerie, gradul de umplere să fie circa 0,5-0,6.

Din condiții de exploatare, pentru galeria vizitabilă, dimensiunile minime sunt: lățimea 0,70 m, înălțime 1,70 m.

– **panta longitudinală** a galeriei (pentru fiecare ramură cu sensul spre puțul colector), se poate determina pentru scurgerea apei captate cu nivel liber, în limitele vitezei admisibile. Se va ține seama de turbulența sporită a apei, ca urmare a existenței orificiilor (ferestrelor) de acces și filtrului invers, considerându-se un coeficient de rugozitate mai mare decât cel considerat în mod obișnuit pentru canale de beton.

Panta minimă admisă din considerații constructive va fi de 0,001.

• **Dimensionarea puțului colector.** În ceea ce privește *dimensionarea puțului colector*, se va avea în vedere stabilirea înălțimii, diametrului și grosimii peretelui.

– **înălțimea** (H_p) se stabilește în funcție de poziția tălpii fundației (h_f) în cazul I sau II și de nivelul apei maxime (H_{\max}) în cursul de apă de suprafață (fig. 1.54):

$$H_p = h_f + h_{\max} + h_{\text{sig}} \quad (\text{m}) \quad (1.47)$$

Se va lua h_{sig} minim = 1 m.

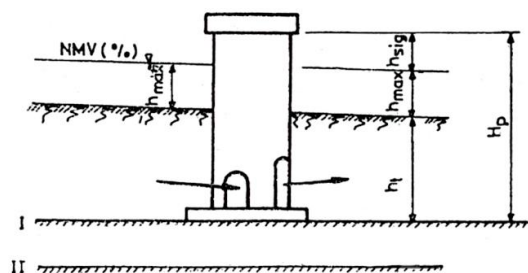


Fig. 1.54. Stabilirea înălțimii puțului colector

– **diametrul**, în funcție de înălțime și din condiția de exploatare (vizitare) va fi minim 1,50 m, utilizându-se raportul obișnuit de la chesoane.

– **grosimea peretelui**, în funcție de înălțime, se va lua din condiții de rezistență.

Galeria și canalul de aducțiune nu pun probleme deosebite de dimensionare; se va avea în vedere scurgerea gravitațională; debitul total maxim și panta longitudinală minimă de 0,1% (în funcție de poziția altimetrică a consumatorului).

Alte indicații constructive

Pentru buna funcționare a captării, ferestrele de captare vor fi prevăzute cu un filtru de pietriș cu 2-3 straturi, având granulometria crescătoare spre sita ferestrei. Fundul căminului se va coborî cu minim 0,50 m sub fundul galeriei, pentru a permite reținerea nisipului, care eventual a fost antrenat în captare, și curățirea ușoară.

Pentru mărirea siguranței în funcționare, fiecare ramură de galerie se va prevedea la capătul dinspre puțul colector al dispozitivelor de obturare (20). Pentru controlul modului de funcționare, în puț se vor prevedea dispozitive de măsurare a debitelor de apă și a nivelurilor. Carcasa de protecție, sub formă de prag deversant, se va asigura la acțiunea ghețurilor în perioada de iarnă și va avea formă profilată ce nu va depăși cu și mult fundul stabil al cursului de apă (maxim 0,50 m).

În situația II (strat impermeabil la adâncime), în funcție de condițiile locale se pot aplica metode de impermeabilizare sub fundația barajului (injecții, voaluri de etanșare etc.).

Elementele lucrării se vor stabili numai pe baza efectuării în secțiunea interesată a studiilor conform standardelor în vigoare pentru lucrări subterane.

1.5. PROTECȚIA CONTRA GRINDINELOR¹⁾

1.5.1. NECESITATEA, STRUCTURA ȘI FUNCȚIONAREA SISTEMULUI ANTIGRINDINĂ

1° Date generale

Furtunile ce apar în țara noastră în perioada martie-septembrie sunt însoțite în proporție de 60% de căderi de grindină, care determină pierderi importante de recoltă și chiar distrugerea totală.

Cercetările statistice arată că cele mai frecvente căderi de grindină :

- se produc între orele 15-19; iar
- suprafețele afectate au de regulă lățimi de 3-5 km și lungimi de 15-25 km, putând ajunge la 100 km.

Primele cercetări riguroase, asupra fenomenelor fizice de producere a grindinei au început în 1933 în S.U.A., urmate fiind – după al doilea război mondial, după 1945/1950 – de Franța și fosta Uniune Sovietică.

În România, cu peste 25 de ani în urmă, Electromecanica Ploiești a dezvoltat un sistem de luptă antigrindină, în paralel cu sistemul de luptă antiaeriană.

Sistemul este compus din mai multe unități de combatere a căderilor de grindină, fiecare unitate acoperind o suprafață de cca. 100 mii ha.

Sub egida Ministerelor: Agriculturii, Pădurilor și Dezvoltării Rurale; a Economiei și Comerțului și a Mediului și Gospodăririi Apelor, s-a creat „*Sistemul Național Antigrindină*”, implementat de Electromecanica Ploiești (înființată în 1981). Aceasta și-a dobândit prestigiul în domeniul tehnicii de rachete, producând pentru Armata Română mai multe tipuri de armament.

În lucrarea de față ne vom referi la dezvoltarea sistemelor de rachete (certificat în conformitate cu standardul SRENIS 09001/2001), antigrindină.

O direcție complementară tehnologiilor de combatere a grindinei urmărește și stimularea și reglarea regimului precipitațiilor (vezi subcap. 1.1-1.4).

Pe plan mondial, cercetările întreprinse în domeniu sunt canalizate în proporție de peste 70% asupra controlului factorilor meteorologici pentru combaterea grindinei, pentru antigel și controlul precipitațiilor.

Atenția acordată, pe plan mondial, sistemelor de combatere a căderilor de grindină este subliniată și de numărul mare al țărilor care au dezvoltat și folosesc aceste măsuri (tabelul nr. 1.11).

Tabelul nr. 1. 11. Sisteme antigrindină existente în lume (după datele Organizației Meteorologice Mondiale)

Nr. crt.	Denumirea țării, Cod proiect	Denumirea aprox. a teritoriului protejat (km ²)	Tipul reactivului
1	Armenia, AR – 1	10000	AgI
2	Austria, AUS – 1	1800	AgI
3	Austria, AUS – 2	500	AgI
4	Bulgaria, BG – 1	15000	AgI
5	China, CN – 1	300000	AgI
6	China, CN – 2	6000	AgI și gheață uscată
7	China, CN – 3	25000	AgI și azot lichid
8	China, CN – 4	220000	AgI și azot lichid
9	China, CN – 5	230000	AgI și gheață uscată
10	China, CN – 6	360000	nu sunt date
11	China, CN – 7	600000	AgI și gheață uscată
12	China, CN – 8	20000	nu sunt date
13	China, CN – 9	100000	nu sunt date
14	China, CN – 10	40000	nu sunt date
15	China, CN – 11	20000	gheață uscată

¹⁾ După documentația «Electromecanica» Ploiești / 2004

16	China, CN – 12	130000	AgI
17	China, CN – 13	10000	nu sunt date
18	Franța, FR – 1	80000 (teritoriu de lucru) 420000 (teritoriu controlat)	AgI
19	Germania, GE – 1	2400	AgI
20	Germania, GE – 2	2500 (teritoriu de lucru) 7500 (teritoriu controlat)	AgI
21	Grecia, GR – 1	5000	AgI
22	Ungaria, HG – 1	8000	AgI
23	Rusia, RF – 1	750	AgI
24	Rusia, RF – 2	1096	AgI
25	Ucraina, UK – 2	5010 (teritoriu de lucru) 5010 (teritoriu controlat)	AgI
26	Ucraina, UK	4000 (teritoriu de lucru) 4000 (teritoriu controlat)	AgI
27	SUA, US – 34	7740	AgI și gheață uscată
28	SUA, US – 35	22080	AgI și gheață uscată
29	SUA, US – 37	11340	AgI
30	Uzbekistan, UZ – 1	800	AgI
31	Uzbekistan, UZ – 2	1900	AgI
32	Uzbekistan, UZ – 3	3130	AgI
33	Uzbekistan, UZ – 4	800	AgI

2° Necesitatea și structura sistemului

Țara noastră dispune de importante suprafețe viticole și pomicole (fig. 1.55) a căror recoltă este afectată de căderea grindinei pe 2-3 ani.

Urmarea grindinelor devastatoare, după perioade lungi de secetă, amplifică prejudiciul adus agriculturii și economiei țării.

În ultimii ani o serie de state au dezvoltat programe importante pentru studierea influenței negative a unor factori meteorologici. Statele Unite ale Americii au dezvoltat în ultimii 2 ani (după anul 2000) 75 de astfel de programe în valoare de peste 22 miliarde \$.

În țările din jurul României cu sisteme antigrindină proprii, este limitată eficiența acțiunilor de combatere a căderii grindinelor, prin lipsa din lanțul interconectărilor a unor segmente, gen propria noastră situație.

Realizarea și de către țara noastră a unui sistem antigrindină va asigura o serie de avantaje, printre care:

- integrarea zonală a sistemului național antigrindină din România cu sistemele similare ale Ucrainei, Republicii Moldova, Bulgariei, Ungariei;

- reducerea pierderilor înregistrate prin distrugerile pe care le provoacă căderile de grindină agriculturii și economiei proprii, precum și a zonelor riverane;
- premizelor pentru dezvoltarea unor tehnologii de stimulare a precipitațiilor utilizând aceste capacități ale sistemului antigrindină.

Se estimează că apa obținută din precipitații – condensuri artificiale este de câteva ori mai ieftină decât aceeași cantitate adusă prin irigații.

Inițiatorul acestui sistem de protecție antigrindină și de stimulare a precipitațiilor (S.C. Electromecanica Ploiești S.A.) preconizează organizarea la nivel național a unei structuri unitare „*Sistem Național Antigrindină*”, conform fig. 1.56.

Acest sistem „*Antigrindină și de stimulare a precipitațiilor*” este structurat – deocamdată – din motive economice și funcționale pe centre regionale dezvoltate în / sau pe lângă centrele meteorologice existente (din prospectul „Electromecanica” Ploiești, 2004).

Această soluție de organizare va determina un nivel mai scăzut al cheltuielilor de înființare și funcționare. Prin utilizarea informațiilor meteo și radiolocație din aceste centre (meteorologice), se va permite declanșarea în timp util, cu costuri minime, a acțiunii de combatere a căderilor de grindină.

Elementele structurale ale unei unități de combatere a grindinei, care asigură protecție unei suprafețe de circa 100-150 ha, sunt (vezi fig. 1.56):



Fig. 1.55. Harta cu zonele viticole și pomicole ale țării

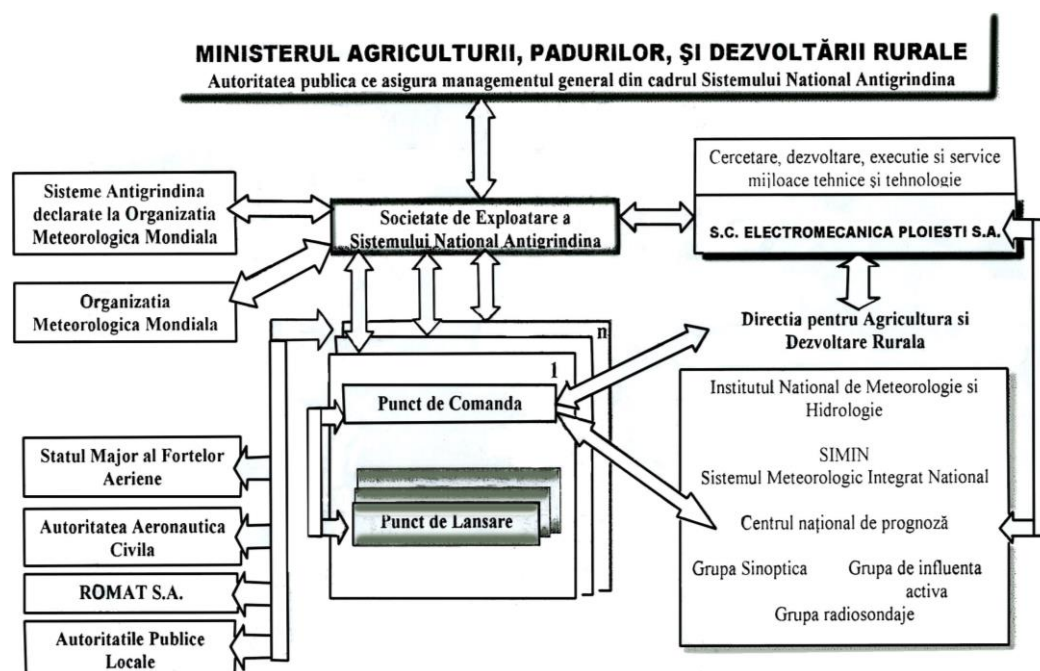


Fig. 1.56. Structura și legăturile Sistemului Național Antigrindină

a / – punctul de comandă (P.C.) a acțiunilor de combatere a căderilor de grindină;

b / – punctele de lansare a rachetelor (P.L.R.), prevăzute cu instalații de lansare și depozitare pentru rachete care se distribuie în teren în luna martie și sunt strânse și depozitate în P.C. în luna septembrie .

c / – rețeaua bicanal de transmisiuni, care leagă punctele de lansare cu punctul de comandă, respectiv punctul de comandă (P.C.) cu celelalte elemente din infrastructură cu care interacționează în timpul acțiunii.

3° Racheta antigrindină și funcționarea unei unități de combatere a căderilor de grindină

– *Acțiunea de combatere* a grindinei constă în introducerea în norii purtători de grindină a unor substanțe – germeni artificiali de condensare – care determină disocierea/ scăderea dimensiunilor particulelor de gheață la o mărime care face posibilă transformarea acestora în picături de ploaie, la trecerea prin atmosferă.

– *Racheta antigrindină* este o rachetă ecologică, fiind realizată din materiale biodegradabile care nu afectează mediul înconjurător .

– *Funcționarea unității de combatere* a căderilor de grindină se realizează astfel:

➤ informația radar (de la rețeaua de radare meteorologică) este prelucrată sub forma unor produse meteo specializate ;

➤ această informație (prelucrată) este direcționată către punctele de comandă (P.C.) ale unității de combatere a grindinei, în a cărei zonă de acoperire a apărut riscul căderilor de grindină.

➤ în punctul de comandă (P.C.), cu ajutorul pachetului soft specializat, este elaborată metoda intervenției și se emit comenzile privind: direcția de lansare, punctul/punctele de lansare a rachetelor (P.L.R.) care execută intervenția, precum și numărul rachetelor ce se lansează.

1.5.2. CONCEPȚIA, PROIECTAREA ȘI ETAPELE ASIMILĂRII SISTEMULUI NAȚIONAL ANTIGRINDINĂ

Tot după prospectul „Electronica” Ploiești, etapele asimilării și funcționării *Sistemului Național Antigrindină* implică: asimilarea rachetelor antigrindină și a instalațiilor de lansare (1); dezvoltarea tehnologiilor de combatere a grindinei, utilizând rachetele (2); conceperea și distribuirea unităților antigrindină pe zonele cu mare potențial agricol (3).

Până în 2004 au fost deja asimilate pentru *Sistemul Național Antigrindină*: modele experimentale de rachete antigrindină; prototipuri pentru instalațiile de lansare; tehnologii de fabricație; punct de comandă cu 5 puncte¹⁾ de lansare (parțial); trageri experimentale, cu realizarea simulatorilor pentru antrenamentul tragerilor; studii de fezabilitate pentru Unitatea Moldova I (care va fi prezentată în continuare); trageri în poligonul Capul Midia; precum și aprobarea prin H.G. 352/2004 (etapa a V-a) pentru testele operative și elaborarea proiectului de execuție pentru Unitatea de Combatere a Căderilor de grindină Moldova I .

1.5.3. UNITATEA DE COMBATERE A CĂDERILOR DE GRINDINĂ MOLDOVA IAȘI

Unitatea de Combatere a Căderilor de Grindină Moldova I face parte integrantă din Centrul Zonal de Comandă Antigrindină și de Stimulare a Precipitațiilor Moldova. Unitatea va avea Punctul de Comandă amplasat în Iași și va primi informația meteo specializată de la radarul din cadrul SIMIN al Centrului Meteo Regional Moldova (fig. 1.57).

¹⁾ Cămpina, Tohani, Viperești, Pietroasele, Moldova I



Fig. 1.57. Areale protejate la căderile de grindină prin funcționarea UCCG Moldova I – IAȘI – VASLUI

Din punct de vedere conceptual, dezvoltarea Unității se va realiza începând cu zonele de risc maxim și mediu la căderea grindinei, prioritate având zonele cu plantații viti-pomicole în masiv.

Punctele de lansare (12 pentru prima etapă) vor fi dispuse în zonele Cotnari, Iași și Huși. Fiecare zonă va avea un Punct Logistic propriu datorită distanțelor relativ mari dintre ele.

În zona Cotnari, pe baza unei lucrări de cercetare în teren, s-a stabilit o zonă în care se vor realiza acțiuni de combatere a căderilor de grindină, de aproximativ 90.000 ha.

Datorită caracterului mai „intens” al fenomenului de formare a grindinei în zonă pentru Cotnari, s-a adoptat un sistem de dispunere a Punctelor de Lansare mai compact. În centrul zonei este amplasat un Punct de Lansare pe dealul Cătălina (înălțime dominantă), iar pe margini aproximativ în colțurile unui pătrat patru Puncte de Lansare în Maxut, Ruginoasa, Coarnele Caprei și Hodora.

Datorită direcției dominante N-V spre S-E de formare a grindinei, în Punctul de Lansare amplasat în livada de la Maxut se va mări numărul instalațiilor de lansare la 3, cu dimensionarea corespunzătoare a stocului de rachete antigrindină. Valoarea totală a inves-

țiției este de 208 miliarde lei (an 2004), cu realizarea eşalonată pe 3 ani.

1.5.4. AVANTAJELE REALIZĂRII SISTEMULUI NAȚIONAL ANTIGRINDINĂ

După cum este cunoscut, în condițiile actuale ale unei schimbări profunde ale factorilor climatici cu influențe nefaste asupra vieții oamenilor, tot mai multe țări își concentrează efortul de cercetare spre cunoașterea și dezvoltarea unor tehnologii menite să reducă riscurile asupra vieții oamenilor a acțiunilor acestor factori prin acțiuni de influențare a mediului. În acest context se înscrie și acțiunea de realizare de către țara noastră a *Sistemului Național Antigrintină*.

În urma acestor activități deosebit de complexe se vor asigura:

- reducerea pierderilor cauzate economiei de căderile de grindină sub 10%;
- dezvoltarea unor tehnologii de stimulare a precipitațiilor cu costuri de 4-5 ori mai mici pe tona de apă decât irigațiile tradiționale;
- reducere riscului eroziunilor solului și a probabilităților de inundație;

- conversia unor sectoare importante și specialiști din domeniul producției militare;
- crearea unor noi locuri de muncă legate de exploatarea sistemului;
- dezvoltarea unor importante acțiuni transfrontaliere cu zonele vecine prin integrarea zonală a sistemului.

Complexitatea și implicațiile legate de punerea în funcțiune și exploatare a **Sistemului Național Anti-grindină** creează premisele valorificării specialiștilor din cadrul Ministerului Agriculturii, Pădurilor și Dezvoltării Rurale; Ministerului Apărării, al Ministerului Economiei și Comerțului și în realizarea unor programe de mediu, de mare importanță pentru țară, sau pentru realizarea unităților pilot pentru agricultura de precizie.

1.6. CICLICITATEA UNOR FENOMENE HIDRO-METEOROLOGICE. STUDIU DE CAZ: REVĂRSĂRILE DE APE DIN BANATUL DE SUD, ÎN PERIOADA 17 APRILIE – 20 MAI 2005

1.6.1. DATE INFORMATIVE ASUPRA STUDIILOR ÎNTREPRINSE ȘI ASUPRA CARACTERISTICILOR UNOR ELEMENTE SPECIFICE ALE CADRULUI NATURAL (EX. HIDROGRAFICE; HIDROLOGICE; HIDROGEOLOGICE ETC.)

1° Date informative

Revărsările catastrofale de ape – din râuri și ploi – produse în perioada 17 aprilie – 20 mai 2005, în sudul Banatului (bazinele hidrografice Bega – Timiș și Bârzava, îndeosebi), deci la 30 de ani după cele din 1972-1975, confirmă ciclicitatea la care facem referire.

După cum arătam și în subcap. 1.2, cu privire la ciclicitatea unor fenomene de îngheț în anotimpurile de tranziție, și în domeniul „apelor” (ploi, dezghețuri, inundații) se înregistrează asemenea repetări ciclice.

Studiile efectuate, timp de 8 ani (1954-1962) de prof. Valeriu Blidaru, pe întreaga rețea hidrografică din țară și în toate cele 7 mari Unități Geomorfologice (**1. Câmpia nordică a Tisei; 2. Câmpia Banatului; 3. Câmpia Română; 4. Regiunea inundabilă a Dunării** – lunca și delta; **5. Podișul Dobrogei; 6. Podișul Moldovei; 7. Podișul Transilvaniei**, cu Podișul So-

meșean și Depresiunea Maramureșului), au condus la elaborarea și publicarea (în colectiv) a Monografiei „Hidroameliorațiile în România”.

În cadrul celor 7 mari unități naturale, lucrările/amenajările hidrotehnice și fenomenele specifice au fost studiate și prezentate pe complexe hidroameliorative, ca de exemplu: Complexul Someș-Tur din Câmpia Nordică a Tisei; Complexul Timiș-Bega din Câmpia Banatului; Complexul Carasu din Podișul Dobrogei etc.

Cercetările din teren întreprinse, în special, în Complexul „Timiș-Bega-Bârzava”, au reliefat – cu privire la *apele externe și interne* – un anumit grad de ciclicitate (viituri mari din 7 în 7 ani și viituri catastrofale, din 30 în 30 ani), care au impus o aprofundare și analiză din care redăm/reproducem câteva grupe de ape (*externe și interne*).

Datele, în legătură cu regimul de scurgere al apelor din aceste bazine hidrografice, au fost extrase (1958-1959) din materialele Comitetului de Stat al Apelor, Institutul de Proiectări pentru Ameliorații și Oficiul Regional de Îmbunătățiri Funciare Timișoara, cu ajutorul remarcabililor specialiști: prof. I. Sava și C. Botnar.

Aceste date sunt rezultate și din observațiile făcute la un număr de 61 posturi hidrometrice de pe: Bega Veche, Bega navigabilă și afluenți, Timiș și afluenți, Pogăniș, Bârzava, Caraș și Nera.

Datele ce vor fi prezentate în continuare, cu toate că sunt oprite la nivelul publicării documentare monografiei (1962), aduc totuși informații documentare substanțiale, pentru sprijinirea ideii ciclicității fenomenelor hidro-meteo din Banatul de Sud, cu consecințe asupra măsurilor tehnice și organizatorice specifice unor previziuni.

Pentru fundamentarea problemei urmărite, „ciclicitatea” unor fenomene, aici fiind vorba de cel hidro-meteorologic, cu consecințe în revărsările/inundațiile din Banat, am socotit util – pentru fundamentare – să facem mai întâi, o scurtă prezentare asupra hidrografiei-hidrologiei și hidrogeologiei zonei.

2° Unele date asupra hidrografiei și hidrologiei

1/ Asupra hidrografiei

Banatul se prezintă cu o bogată rețea hidrografică. Teritoriul său, limitat la nord de râul Mureș, la vest de râul Tisa și la sud de fluviul Dunărea, este traversat de pâraiele și râurile interioare, care izvorăsc din munți și dealuri, îndreptându-se către Tisa și Dunăre.

Tisa primește apele Mureșului, ale Arancei și ale râului Bega, iar Dunărea pe acelea ale Timișului, Carasului, Nerei și Cernei. Mureșul nu primește în această parte afluenți.

Datorită pantei foarte reduse a terenului în direcția de scurgere și trecerii bruște de la relieful înalt de deal la cel de șes, cursurile de apă ce străbat Câmpia Banatului au fost lipsite în trecut de stabilitate, adesea pierzându-se în zone depresionare formând bălți și mlaștini.

Înainte de regularizare, Bega în partea de nord (între Lugoj și Timișoara) a format mai multe albie. Albia regularizată în amonte de Chizătău, de la Budinț la Izvin și în jurul Ghirodei, a fost săpată abia în secolul al XVIII-lea. Scurgerea veche care se pierdea în mlaștinile de la Izvin, se regăsește în pâraiele Bistra și Sobuleasa.

Timișul nu avea nici el o albie regulată, după cum arată urmele. Curgând de la Jabăr spre Belint, de la acest punct cursul lui către Dragșina se continua prin actuala albie a pâ râului Iarcoș, unit cu apele Begheiului care și ele se vărsau în Iarcoș, în aval de Chizătău. Pârâul numit Agrinova, care se desprinde din Timiș la Urșeni, curgând către Bega era unit cu pâ râul Sobuleasa și ajungea în mlaștinile din jurul Timișoarei.

Se remarcă faptul că între râul Timiș și Bega au existat numeroase albie de legătură, care au format două grupuri cu tendințe contrarii: în sectorul superior al văii, din Timiș spre Bega, iar mai jos, din Bega spre Timiș.

Revărsările cursurilor în aceea perioadă erau foarte frecvente și ele alimentau mlaștinile care erau în lănuite în direcția de scurgere a apelor. Întinderea acestor mlaștini era atât de impunătoare, încât vestitul istoriograf italian Grisselini Fr. arăta despre ele în „Istoria Banatului Severin” (1725) că depășeau vestitele mlaștini Pontice din Italia.

Datorită lucrărilor hidroameliorative începute cu 250 ani în urmă și continuate într-un ritm susținut după 1950, cursurile de apă în cea mai mare parte au fost regularizate, iar vechile mlaștini și bălți au fost transformate în terenuri agricole a căror fertilitate este în continuă creștere, pe măsură ce lucrările hidroameliorative sunt definitive.

Cursurile de apă ale Banatului sunt grupate în următoarele bazine hidrografice (fig. 1.58):

a. Aranca cu o suprafață de colectare de	1016 km ²
b. Bega (inclusiv Bega Veche)	4262 km ²
c. Timișul	6006 km ²
d. Bârzava cu subbazinul Moravița	1543 km ²
e. Carasul (inclusiv pârbul Vecinic care se varsă în Caras pe fostul teritoriu iugoslav)	1288 km ²
f. Nera	1362 km ²
g. Cerna	1433 km ²

a) Pârâul Aranca a fost pe vremuri un braț al râului Mureș care se ramifica în apropiere de Sânpetru-German, curgând aproape paralel cu Mureșul, apoi înspre SV până la Padei unde se vărsa în Tisa. O dată

cu îndiguirea Mureșului, această ramificație a fost închisă, devenind un curs de apă care servește la scurgerea apelor interne de pe suprafața situată în nord-vestul Banatului.

Pârâul Aranca a fost regularizat, aducându-se albiei un număr de 17 rectificări (acolo unde avea măn dre foarte mari) și săpându-i-se o cunetă pe fundul albiei. Totodată au fost construite 26 canale colectoare, cea mai mare parte pe traseul văilor laterale.

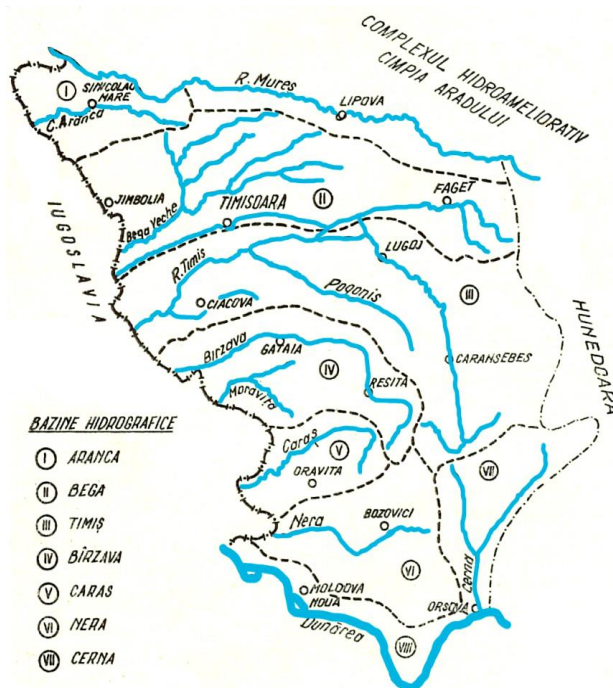


Fig. 1.58. Schita cu bazinele hidrografice din Banat

b) Râul Bega izvorăște din munții Poiana Ruscăi, fiind format din 2 brațe, ambele pornind din versanții nordici ai muntelui Padeș. Primul braț – Begheiul propriu-zis – are o lungime de 31 km, iar al doilea, denumit pâ râul Sasa, are 37 km. Ele se întâlnesc în dreptul comunei Marginea, intrând în culoarul Begheiului și curgând spre sud-vest până la confluența cu canalul de alimentare Timiș-Bega. De la confluența (amonte de Chizătău) până la microhidrocentrala Timișoara, Bega primește numele de Canalul Bega nenavigabil, având o albie regularizată, o pantă a fundului de 0,40%, iar pe o lungime de 21 km amonte de Timișoara este îndiguit (fig. 59).

De la microhidrocentrala Timișoara și până la vărsare în Tisa, cursul este navigabil, îndiguit pe ambele maluri, are o pantă de 0,18% și este denumit „Canalul Bega navigabil”.

Lungimea totală a cursului Bega este de 243,6 km, din care 168,6 km pe teritoriul românesc.

Suprafața bazinului hidrografic al râului Bega pe teritoriul României este de 2213,5 km², iar panta generală a râului Bega până la frontieră este de 4,5%.

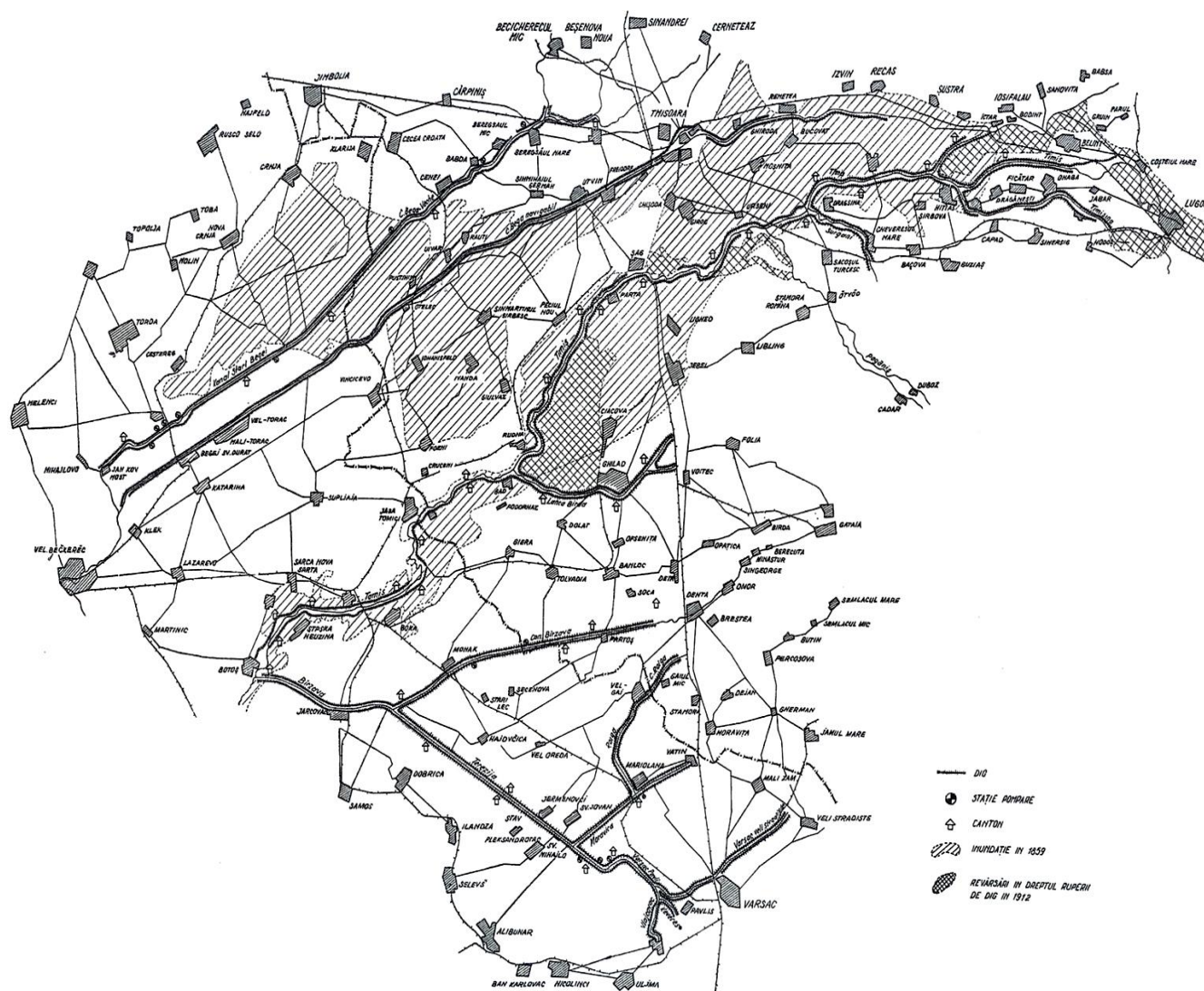


Fig. 1.59. Inundații în Bazinul Timiș-Bega în anii 1859 și 1912

Odată cu regularizarea cursurilor de apă din Câmpia Banatului, înfăptuită în secolul al XVIII-lea, în scopul de a asigura pe de o parte navigabilitatea canalului Bega prin suplimentarea debitului, iar pe de altă parte pentru a ocroti lucrările și instalațiile navigației de efectul apelor mari, apărând totodată zona de șes și însăși orașul Timișoara împotriva inundațiilor, s-a construit „dubla conexiune Timiș-Bega și Bega-Timiș”.

Prin această dublă conexiune este realizată:

- alimentarea canalului Bega cu apă derivată din râul Timiș la Costei prin intermediul unui canal de legătură (Timiș-Bega);

- descărcarea viiturilor râului Bega în Timiș la Topolovăț printr-un canal de descărcare (Bega-Timiș).

Afluenții mai importanți ai râului Bega sunt:

Pe stânga. Pârâul Râul (partea din amonte este denumită Gladna) își are originea în versantul nordic al masivului Padeș. După ce străbate defileul de la Surduc, ieșind în zona de șes se varsă în Bega în dreptul comunei Leucușești. Cursul râului are lungimea de 34 km

și un bazin de colectare de 270 km². De la izvoare, pe o lungime de 18 km până la defileul Surduc, are o pantă de 40%, iar de aici până la vărsare, o pantă generală de 3%. La ieșirea din zona colinară primește ca afluent pe pârâul Sărazul.

Pe dreapta primește afluenții:

- Valea Minișului, cu o lungime de 36 km și o suprafață de afluență de 174 km², se varsă în Bega în dreptul confluenței acesteia cu canalul de alimentare Timiș-Bega.

- Valea Gherteamoș, cu o lungime de 24 km și o suprafață de afluență de 97 km² se varsă în Bega în amonte de comuna Remetea Mare.

- Pârâul Behela, în lungime de 25 km și cu o suprafață de afluență de 101 km² se varsă în Bega în dreptul microhidrocentralei Timișoara.

- Canalul Bega Veche a luat naștere prin reunirea pâraielor Ier, Niarad și Beregsău, după construirea canalului Bega navigabil, fiind amenajat pe una din vechile albie ale râului Bega. Mai înainte s-a numit „Bega

Turcească”. Cursul său cotea prin văi naturale și-și descărca apele în canalul Bega navigabil în apropierea localității Klek pe teritoriul iugoslav. În urma canalizării, când traseul a fost corectat, i s-a dat denumirea de Bega Veche.

Pe teritoriul românesc, lungimea canalului îndiguit Bega Veche este de 39 km, cu un bazin de afluență de 2049 km². Canalul are o pantă generală în porțiunea îndiguită de 0,18%.

Bega Veche este recipientul natural al celor trei afluenți ai săi și anume:

- Pârâul Beregsău, în lungime de 67,7 km, izvorăște din dealurile ce coboară din Podișul Lipovei și curge în direcția SV, ieșind în câmpie pe la nord de Timișoara.

- Pârâul Niarad, în lungime de 55 km, își are originea în același dealuri și curge aproape paralel cu Beregsăul, unindu-se cu acesta la est de comuna Săcălaz. Ambii afluenți au un bazin de recepție de 580 km².

- Pârâul Ier, în lungime de 64 km, își are originea în terasa înaltă a Mureșului, de unde curge spre sud primind apele văilor Ardelenilor și Izvorinului. Se îndreaptă apoi spre sud-vest și sud până se unește cu Niaradul și Beregsăul, de unde se formează canalul Bega Veche. Are un bazin de recepție în suprafață de 706 km² și o pantă generală de 1,4%.

c) *Râul Timiș* izvorăște din Munții Semenic (1400 m) fiind format din 3 pâraie: Brebu, Grădiște și Semenic, care confluează în punctul numit „Trei ape”, curge în direcția vest pe versantul masivului până la Teregova, de unde se îndreaptă brusc spre nord, menținându-și această direcție până la Lugoj. De la izvoare până la Teregova parcurge o vale adâncă și îngustă, pe alocuri prăpăstioasă, cu numeroase cotituri și cu o pantă generală de 27%. (Izvoarele superioare ale Timișului sunt captate printr-un canal denumit „Canalul Semenic”, care pornește de la cumpăna Nerei, traversează versantul estic al muntelui și își varsă apele în bazinul Bârzavei la cumpăna „Prislop”. Canalul dimensionat pentru un debit de 500 l/s face parte din sistemul hidroenergetic al Bârzavei superioare care deservește Combinatul Metalurgic Reșița).

După ce s-a unit cu Pârâul Rece în aval de Teregova, Timișul trece printr-o strâmtoare denumită „Cheile Teregovei”, după care valea lui se lărgeste treptat până la Armeniș, unde ia forma unei cuvette largi și adânci.

În amonte de Armeniș primește apele afluentului său Râul Alb și apoi străbate „Cheile Armenișului”. De la Slatina Timișului coboară în zona dealurilor la Caransebeș, se unește cu Sebeșul, apoi cu cel mai important afluent al său, Bistra.

În continuare, având îndeaproape pe dreapta

versantul apusean al masivului Poiana Ruscăi, iar pe stânga colinele mai joase și mai îndepărtate ale Pogănișului, cursul Timișului deviază treptat spre vest și prezintă o albie tot mai neregulată, cu multe meandre și brațe secundare. În apropierea comunei Gavojdia primește pe dreapta apele pârâului Nădrag, apoi intră în zona de câmpie, traversează orașul Lugoj și ajunge la Costei, unde o parte din apele sale sunt abătute spre Bega prin canalul de alimentare Timiș-Bega.

Apele mijlocii și mari ale Timișului, deversate peste barajul de la Costei, își continuă drumul spre vest print-o albie adâncă, regularizată, până în dreptul comunei Jabăr. De aici Timișul curge într-o albie artificială îndiguită, construită în secolul al XVIII-lea, și primește ca afluent pe stânga pe Timișina, de asemenea regularizat și îndiguit. În aval de această confluență, în dreptul comunei Hitiaș pe malul drept, se varsă canalul de descărcare Bega-Timiș, care face legătura între aceste cursuri, servind la dirijarea în Timiș a viiturilor râului Bega. De aici în aval, Timișul deviază treptat spre sud-vest, primește succesiv pe stânga apele afluenților săi: Surgani, Pogăniș și Lanca-Birda, apoi traversează frontiera de la Ciavoș și se varsă în Dunăre, pe teritoriul iugoslav, la Panciova.

La sud de Timișoara, din albia principală a Timișului se ramifică – pe partea stângă – un vechi braț denumit „Timișul Mort” care în prezent este izolat de Timișul propriu-zis prin digul stâng al acestuia. Albia acestui braț, foarte sinuoasă și degradată, se unește din nou cu Timișul printr-o conductă prevăzută cu stăvilari de închidere în dreptul comunei Gad după un traseu de 47 km. Acest braț servește, în mod natural și fără nici un fel de amenajare, pentru colectarea apelor interne.

Începând de la Jabăr și până la frontieră (100 km) precum și în continuare pe teritoriul iugoslav până la vărsare (122 km) ambele maluri ale Timișului sunt prevăzute cu diguri de protecție împotriva inundațiilor.

Lungimea cursului Timișului, de la izvoare la frontieră, este de 233,5 km, iar până la vărsare de 355 km. Pantă Timișului scade treptat de la 37% în zona izvoarelor, la 2,43% în dreptul confluenței cu Pogănișul, 0,24% în zona de frontieră și abia 0,10% în apropiere de vărsare.

Suprafața bazinului de recepție, pe teritoriul României, este de 6006 km².

În ceea ce privește albia Timișului, ea evoluează de la forma îngustă și puțin adâncă, cu pat stâncos și numeroase mici cascade în zona izvoarelor, secțiune relativ regulată cu lățimea de 20-30 m și adâncimea de 1-1,5 m pe porțiunea până la Slatina Timișului, la profile neregulate, trasee sinuoase și numeroase brațe secundare în sectorul din aval. Pe măsură ce înaintează, albia minoră se lărgeste ajungând în preajma Caran-

sebeşului la 60-80 m, în dreptul Lugoşului la 80-100 m, iar în sectorul inferior îşi menţine lăţimea mărindu-şi adâncimea de la 1-2 m la 3-5 m.

Afluenţii Timişului în zona de câmpie sunt:

- canalul Timişina cu pâraul Cernabora, având o lungime totală de 57 km, o pantă generală de 2,3% şi un bazin de colectare în suprafaţă de 468 km²;

- pâraul Surgani, având o lungime de 37 km, panta generală de 0,65% şi o suprafaţă de colectare de 191 km²;

- pâraul Pogăniş, cu lungimea de 95 km, o pantă generală de 7,3% şi un bazin de recepţie în suprafaţă totală de 731 km²;

- canalul Lunca-Bârda, în lungime de 45 km, cu o pantă generală de 0,18% şi cu o suprafaţă de afluenţă de 485 km².

d) *Râul Bârzava* izvorăşte de pe versantul estic al muntelui Semenici, din apropierea vârfului Puşcaşul Mare (1612 m). La început, pe un traseu de 25 km curge spre nord, apoi spre vest circa 42 km până la Reşiţa. Între Reşiţa şi Berzovia curge spre NV, iar de aici spre vest şi sud-vest până ce traversează frontiera româno-iugoslavă la sud de comuna Tolvădia şi se varsă în Timiş, pe teritoriul iugoslav. Lungimea totală a râului Bârzava este de 180 km din care 149 km pe teritoriul românesc.

Suprafaţa totală a bazinului de recepţie al Bârzavei este de 3030 km², din care pe teritoriul românesc 1126 km² exclusiv subbazinul pâraului Moraviţa. Bazinul are o lăţime medie pe teritoriul românesc de 7,5 km, variind între 4,5 km în sectorul superior până la Bocşa şi 8 km între Bocşa şi Partoş. Panta râului Bârzava, pe tronsonul de la izvoare până la Bocşa (74 km) este în medie de 12,6%, iar între Bocşa şi Partoş de 1,25%, panta generală fiind de 5,70%. În zona muntoasă şi deluroasă, râul are o albie stabilă, cu lăţimi de 20-30 m, iar în perimetrul oraşului Reşiţa este canalizată. La şes, între comunele Deta şi Vărsare, Bârzava este canalizată şi prevăzută pe ambele maluri cu diguri de protecţie împotriva inundaţiilor. În trecut Bârzava, ieşind în şes, forma mai multe braţe întortocheate, pierzându-se într-o zonă mlăştinoasă ca şi Bega. Dincolo de această zonă cursul Bârzavei, în urma lucrărilor de regularizare din secolul al XVIII-lea, a fost separat de cursul mijlociu al Timişului şi condus în canalul Terezia, destinat să desece zona mlăştinoasă de la Alibunar. O caracteristică a râului Bârzava este lipsa de afluenţi mai mari, fapt explicat prin forma bazinului de recepţie.

Dintre afluenţii Bârzavei se menţionează:

- Pâraul Fizéş, în lungime de 30,9 km, cu o suprafaţă de afluenţă de 111 km².

Braţul Bîrda Veche, canalizat şi îndiguit în aval de Deta, este de fapt o ramificaţie a Bârzavei din amonte de Gătaia.

Pâraul Moraviţa izvorăşte din dealurile amonte de comuna Ferendia, de unde curge spre nord-vest până la Semlacul Mare, cu o pantă de 10%, apoi spre V-SV până la frontieră cu o pantă de 5%. Albia minoră a cursului este slab conturată, iar traseul este foarte sinuos. Suprafaţa bazinului de recepţie pe teritoriul românesc este de 417,5 km², lungimea pâraului este de 50 km până la frontiera româno-iugoslavă, iar panta medie este de 2,5%. La sud de comuna Moraviţa părăseşte teritoriul României şi, după ce se uneşte cu canalul Păuliş-Vârşet, din sistemul de desecare Terezia de pe teritoriul iugoslav, se varsă în Bârzava.

Tot de bazinul Bârzavei aparţine şi subbazinul văii Roiga, cu o suprafaţă pe teritoriul românesc de 80 km². Ca şi pâraul Moraviţa, se varsă în Bârzava pe teritoriul iugoslav prin intermediul canalelor din sistemul de desecarea Terezia.

e) *Râul Caraş* izvorăşte de pe versantul vestic al muntelui Semenici (750 m), curge mai întâi spre nord până la Săbalcea, apoi spre nord-vest atingând comuna Caraşova, iar de aici în direcţia V-SV trecând prin comuna Gârlişte. Mai spre sud de comuna Secăşeni primeşte apele pâraului Dognecea, continuându-şi cursul în direcţia SV între Vărădia şi Zam. După ce a trecut pe teritoriul iugoslav, în dreptul localităţii Straja, face o cotitură îndreptându-se spre SE către Dunăre, în care se varsă amonte de localitatea Palanca.

Caraşul este un râu scurt cu un bazin colector restrâns. Lungimea totală a râului Caraş este de 128 km, din care 90,7 km curge pe teritoriul românesc. Suprafaţa totală a bazinului său de recepţie este de 1705 km² din care 1288 km² se află pe teritoriul românesc.

Râul Caraş parcurge sectorul de munte în lungime de 28,56 km cu pante mari peste 10% (maximum 25,8%) până la Caraşova, de unde trecând în zona dealurilor panta se reduce între 5% şi 2% până la Secăşani. De aici iese în câmpie având un traseu sinuos şi pante între 1,16% şi 0,43%.

El este un curs de apă natural, fără nici o regularizare. Din această cauză provoacă în mod periodic inundarea văii pe sectorul Cacoveni-Urani, mai ales primăvara, în perioada topirii zăpezilor şi când sunt ploi torenţiale în zona munţilor Semenici.

Pâraul Vecinic, afluent al râului Caraş, îşi are aproape tot bazinul de recepţie de 170 km², pe teritoriul României. După un traseu de 37,8 km de la izvoare, traversează frontiera, iar după alţii 5 km ce-i parcurge pe teritoriul iugoslav, se varsă în râul Caraş. Are o pantă generală de 15,8%.

f) *Râul Nera* izvorăşte din masivul cristalin al Semeniciului, de pe versantul sudic, la o înălţime de 1400 m de unde îşi croieşte drum prin zona cristalină până la Pataş, apoi curge în direcţia SV până la Sopotul Nou. De aici se îndreaptă spre NV până la Sasca Româ-

nă, de unde urmează direcția generală spre vest. La Naidăr-Lescovița formează linia frontierei de sud a intrândului iugoslav de la Biserica Albă. După o cotitură spre sud și după ce a ocolit Munții Locva, Nera se varsă în Dunăre lângă localitatea Palanca la câțiva kilometri aval de vărsarea Carașului.

Lungimea totală a râului Nera este de 142 km, din care 91 km pe teritoriul românesc, cu un bazin hidrografic în suprafață de 1494 km² și cu o pantă generală de 9,5%.

Caracteristic râului Nera este panta foarte mare chiar în cursul său inferior, între Sasca Montană și Dunăre. Albia sa în zona Sasca-Zlățița este formată din pietriș și are lățimi ce variază între 20-60 m. De la Zlatina la Dunăre, lățimea albiei crește pe măsură ce panta descrește, ajungând pe alocuri – la ape mari – la lățimea de 200 m. Râul Nera nu este regularizat.

g) *Râul Cerna* izvorăște din masivul Godeanu la o înălțime de 2100 m și curge spre SV, începând de la vărsarea pârâului Craiovița. Trecând pe teritoriul Banatului, curge prin frumoasa vale în care se află stațiunea Băile Herculane.

După ce primește pe dreapta apele afluenților săi Mehadia și Ohaba, se îndreaptă spre sud și în apropiere de Orșova se varsă în Dunăre.

Cerna are o lungime totală de 86 km, o pantă generală de 24% și un bazin de recepție în suprafață de 1511 km².

2/ Asupra hidrologiei

Caracterul scurgerii apelor este influențat și de repartiția gradului de împădurire, după cum rezultă din tabelul nr. 1.12

Tabelul nr. 1.12. Caracterul scurgerii apelor în funcție de repartiția gradului de împădurire

Bazinul	Procentul de împădurire	$K = Q_{\min}/Q_{\text{med}}$
Bega Veche – Baz. afl. Ier	1%	1/20
Bega Veche – Baz. superior	30%	1/13
Bega Veche amonte confl. cu Ierul	20%	1/14
Bega Veche aval confl. cu Ierul	10%	1/20
Bega – Făget	65%	1/4
Timiș – Lugoj	45%	1/3,8
Bârzava – Bocșa Română	63,3%	1/1,5
Bârzava la frontieră	26,0%	1/6,6
Moravița la frontieră	4,1%	1/20

Se observă că există o proporționalitate inversă între gradul de împădurire și raportul debitelor minime cu al debitelor medii, atât pe bazine cât și pe parcursul aceluiași bazin. Acest lucru reflectă și în acest caz influența gradului de împădurire asupra atenuării scur-

gerii apelor superficiale. Astfel, în bazinul superior al râurilor Timiș, Bega și Bârzava, regimul scurgerilor este uniformizat în bună măsură de păduri, pe când în bazinele inferioare, cât și în bazinul Moravița în întregime, este evident caracterul torențial, cu amplitudini foarte mari ale debitului de la minime excesive în perioadele de secetă, la maxime cu caracter catastrofal, în perioadele ploioase.

Valorile debitelor caracteristice rezultate din studiul ISCH sunt date în tabelul nr. 1.13.

Tabelul nr. 1.13. Debitel caracteristice pe principalele cursuri de apă din Banat

Râul	Postul hidrometric	Debitul (m ³ /s)						
		min			mediu multi-anual	maxim		
		97%	90%	80%		5%	1%	0,1%
Bega Veche	Beregsău	-			4,18	80	130	-
Bega	Făget	0,58	0,65	0,73	3,81	189	305	580
Timișul	Lugoj	1,88	2,85	3,70	32,30	740	1120	1770
Pogănișul	Ocești	0,00	0,01	0,04	2,53	117	222	445
Timiș-Bega	Sag-Bucovăț	-	-	-	47,80	-	-	-
Bârzava	Bocșa-Vasiovei	1,05	1,12	1,19	4,03	172	283	513
Bârzava	Partoș	-	-	-	5,95	-	-	-
Carașul	Vărădia	0,18	0,28	0,35	5,13	-	350	-
Nera	Sasca Montana	0,28	0,56	0,84	12,90	450	670	1040

După modul de distribuție al debitelor în cursul lunilor anului, se constată că stocul cel mai mare se scurge primăvara în perioada martie-mai, ca urmare a precipitațiilor bogate și a topirii zăpezilor, iar cele mai mici toamna în lunile septembrie-noiembrie.

O caracteristică a bazinului Bârzava este faptul că regimul debitelor a fost regularizat parțial prin lucrările hidrotehnice executate: acumulările Gozna și Văliug, derivările din bazinele Nera (450 l/s) și Timiș (350 l/s), îndiguirea cursului inferior.

Debitele minime sunt afectate în unele locuri de aportul apelor subterane. Astfel, la Luncani se constată un debit suplimentar de 0,34 mc/s, iar la Făget de 0,5 mc/s, debite atribuite aportului apelor subterane.

Debitele maxime apar în general în lunile februarie, martie, aprilie, mai, iulie și decembrie.

Debite solide. Componenta materialului rostogolit și târât pe fund variază în linii generale, după cum urmează: Timișul la Petroșnița are pe fundul albiei bolovani până la 10 kg; la Lugoj balast, iar la frontieră mâl nisipos.

O generalizare pe bazinul Timiș-Bega este următoarea: cantități apreciabile de aluviuni transportate de întreaga rețea hidrografică apar în urma spălării și erodării solului și a malurilor. Astfel, în toate cursurile de apă din zona Lugoj-Reșița, zonă cu intense suprafețe erodate, se întâlnește și cel mai mare volum de aluviuni în suspensie (6-20000 t/an) și aluviuni de fund (6-7000 t/an).

3° Unele date asupra hidrogeologiei

Studiile hidrogeologice executate până acum în Banat au avut ca scop cunoașterea relațiilor ce există între condițiile hidrogeologice și excesul de ape în zonele ce necesită lucrări de desecare, precum și cunoașterea regimului apelor subterane, în scopul folosirii lor la irigații și la alimentarea cu apă a centrelor și unităților agricole.

1/ Sub aspectul desecărilor

Zona interesată în lucrări hidroameliorative este în special zona de câmpie joasă inclusiv luncile. În această zonă apa freatică se găsește la o adâncime medie mai mică de 3 m și cu o variație a nivelurilor între 1-2 m. În zonele de contact morfologic (îndeosebi la contactul cu câmpia înaltă Mureș-Bega) sunt frecvente suprafețe cu adâncimi de 1-2 m și chiar sub 1 m. Fac excepție zone de contact cu câmpia înaltă Pogoniș-Bârzava, unde trecerea morfologică făcându-se fără denivelare pronunțată, nu se evidențiază „o zonă de ieșire” a apelor subterane. În unitatea Lanca-Bârda apare o zonă destul de intensă cu nivel freatic la adâncime mică (1-2 m) pe o linie ce trece prin comunele Banloc-Ciacova-Jebel-Unip.

Între canalul navigabil Bega și Timiș sunt de asemenea suprafețe importante de teren cu nivel freatic ridicat (mai mic de 1 m).

Apele freatice din bazinul inferior al râului Bega Veche și Timiș sunt sub influența apelor subterane ce vin din zonele mai înalte ale bazinului, sub influența apelor superficiale mai importante (Timiș și Bega, canalul Bega-navigabil și Bega-Veche), sub influența apelor interne, precum și sub influența apelor subterane ce vin din bazinul Aranca-Galațca în câmpia Galațca-Bega-Veche.

În ceea ce privește relațiile apelor subterane cu apele superficiale, din observațiile făcute în bazinul inferior Timiș-Bega rezultă că râurile Timiș și Bega Veche drenează stratul freatic, în timp ce Bega navigabil îl alimentează. Râurile Timiș și Bega la viituri provoacă o alimentare locală a apelor freatice, care în puțurile de observație au indicat variații mari de amplitudine (3 m la staționările Sag și Cebza pe Timiș).

Din datele obținute cu ocazia studiilor executate în unitatea Uivar-Pustiniș, reiese că debitul de infiltra-

ție din canalul Bega navigabil în stratul freatic este de ordinul a 0,05-0,06 l/s m dig, valori ce sunt confirmate prin canalele de infiltrație existente.

Drenajul stratului freatic în câmpia joasă a Banatului este în general slab și devine din ce în ce mai slab spre aval (panta stratului freatic înregistrând variații de la 1-2% în zona de contact cu câmpia înaltă Pogoniș-Bârzova, de la 0,8-1% în câmpia mijlocie Galațca-Bega și 0,2% în bazinul sistemului sud Lanca-Bârda). În această zonă se remarcă o acumulare mai intensă a apelor subterane, provocată de o alimentare mai intensă cu ape superficiale în zona depresionară Târna-Bara.

Câmpia joasă se mai caracterizează și printr-o influență a regimului climatic foarte pronunțată asupra nivelului apelor subterane. Topirea zăpezilor, urmată de un exces de ape interne, ridică nivelul freatic în medie de 1 m peste nivelul mediu. Variațiile de nivel pot avea deci o amplitudine de 1,5-2 m, iar în apropierea râului Timiș, pot ajunge la 3 m. Variații sezoniere ale nivelului freatic sunt evidente și în zona ce se află sub influența apelor de infiltrație ale canalului Bega (Uivar-Pustiniș).

O caracteristică hidrogeologică a bazinului Timiș-Bega ce trebuie menționată este existența unui strat acvifer superficial. Acesta se formează în special pe terenurile cu permeabilitate redusă (terenuri joase, lăcoviștite și sărăturoase, cu exces de apă superficială), în perioadele ploioase și se manifestă prin saturarea depozitelor superficiale 0,5-1,5 m deasupra stratului acvifer propriu-zis. El are un caracter temporar, cu o durată în funcție de condițiile locale pedo-hidrogeologice și climatice, Efectele defavorabile ale acestui strat acvifer superficial au fost constatate în perioada ploioasă 1954-1956, când s-au produs pagube mari culturilor agricole, prin inundații.

2/ Sub aspectul alimentării cu apă

În zonele muntoase-deluroase, unde precipitațiile sunt mari (cca. 1200 mm anual) dar unde infiltrațiile nu sunt posibile decât pe linie de fracturi, falii sau fisuri, apele subterane au debite relativ reduse, reprezentate numai prin izvoare care apar în special la rupturile de pantă, la baza conurilor de grohotișuri etc.; o pânză propriu-zisă lipsește.

În zona deluroasă, în zonele de terasă și în zona câmpiilor piemontane, unde structura geologică se schimbă (fiind constituită din depozite detritice, miopliocene și cuaternare) infiltrațiile făcându-se în condiții mai ușoare, se găsesc mai multe pânze subterane cu grosimi mari și cu debite apreciabile. Condițiile de zăcământ ale acestor strate, sunt în funcție de structura geologică de amănunt, putând avea un caracter ascensional sau chiar artezian și un conținut mineralogic

normal. Cu cât înaintăm spre vest, depozitele miopliocene se afundă, iar la suprafață (pe zeci de metri grosime) apar formațiunile cuaternare, mai fine, din care cauză grosimea și debitele pânzelor scad.

În unele zone, la suprafață se situează formațiuni impermeabile, care în subteran creează o pânză sub presiune iar la suprafață zone mlăștinoase. În aceste zone, la adâncimi mari, probabil în formațiunile pliocene de bază, sunt cantonate pânze arteziene din cauza unor sinclinale, în special a marelui Sinclinal al Timișului.

Pe cuprinsul teritoriului Banatului, pânza freatică a făcut obiectul a numeroase studii, fiind exploatată de către centrele populate pentru trebuințele zilnice. Acolo unde pânza freatică este necorespunzătoare cerințelor, fie din cauza contaminării, fie din cauza unui conținut mineralogic necorespunzător, cercetările s-au îndreptat spre adâncimi mai mari, întâlnindu-se în general 2 straturi cu nivel ascensional, unul de mică adâncime (8-30 m) și altul de mare adâncime (60-120 m). La adâncimea de 100-300 m se află un strat artezian.

Sub aspectul sursei principale de alimentare cu apă pe teritoriul Banatului, se conturează următoarea raionare hidrogeologică:

- raionul în care sursa principală de alimentare cu apă subterană o constituie stratul freatic;
- raionul în care sursa principală de alimentare o constituie apa din izvoare și din stratul freatic care se găsește la mare adâncime;
- raionul corespunzător apelor subterane sub presiune, cu caracter ascensional;
- raionul corespunzător straturilor de apă sub presiune cu caracter artezian.

În majoritatea zonelor se suprapun două sau chiar trei surse subterane, mai ales în partea vestică a regiunii.

În general, compoziția chimică a apei din zonele de relief mai ridicat, din est, corespunde pentru alimentări cu apă potabilă și industrială, irigații etc. În zonele vestice cu cote ale reliefului joase, calitatea este necorespunzătoare din cauza rezidului fix ridicat.

În toată regiunea de câmpie, numai la Măureni nu s-au întâlnit straturi de adâncimi, nici ascensionale, nici arteziene, datorită prezenței pe acest interfluviu (Bârzava-Moravița) a unui anticlinal.

4° Asupra terenurilor cu exces de umiditate

Din teritoriul total al Banatului românesc de 1.901.600 ha, o suprafață de 470.900 ha (24,7%) suferă în anii ploioși din cauza excesului de umiditate provocat fie de revărsarea râurilor (ape externe), fie de precipitațiile abundente locale căzute pe interfluvii.

Repartizarea terenurilor cu exces de umiditate

din Câmpia Banatului pe complexe hidroameliorative sau bazine hidrografice este arătată în tabelul nr. 1.14.

Tabelul nr. 1.14. Situația terenurilor cu exces de umiditate din Câmpia Banatului

Bazinul hidrografic	Complexul hidroameliorativ sau bazin	Terenuri cu exces de umiditate		
		din revărsări și ape interne	numai din ape interne	Total
Mureș	Total	105.100	8.000	113.100
	Complexul Aranca	101.600	-	101.600
	Complexul Mureș - mal stâng de la Felnac la Căpâlnaș	3.500	8.000	11.500
Timiș-Bega	Total	183.281	122.551	305.832
	Complexul Bega Veche mal drept	65.877	19.823	85.700
	Complexul Bega Veche mal stâng	20.680	3.580	24.260
	Complexul Bega navigabil mal drept și bazinul superior	4.305	21.242	25.547
	Complexul Timiș-Bega	40.360	43.140	83.770
	Complexul Timiș mal stâng și bazinul superior	51.789	34.766	86.555
Bârzava	Complexul Bârzava și bazin superior	14.115	26.535	40.650
Caraș	Bazinul Caraș	11.065	-	11.065
Nera	Bazinul Nera	-	200	200
Cerna	Bazinul Cerna	-	-	-
Dunărea propriu-zisă	Bazinul Dunărea pe teritoriul Banatului	-	100	100
Total	Câmpia Banatului	313.561	153.386	470.947

Această situație este datorată următoarelor cauze:

- problema excesului de apă în zona de câmpie a fost privită în trecut numai ca o consecință a revărsării cursurilor de apă ce străbat câmpia și care, în mod periodic, au provocat inundarea terenurilor riverane. De aceea, grija populației s-a manifestat în apărarea împotriva revărsării râurilor, restrângându-se de multe ori numai la îndiguirea locală a așezămintelor de apărare;
- în urma definitivării sistemelor de îndiguire, problema evacuării apelor interne nu numai că nu a fost rezolvată dar ea a fost într-o măsură chiar agravată acolo unde a fost barată scurgerea lor naturală. În cele câteva sisteme de desecare înființate o dată cu terminarea îndiguirii cursurilor de apă, lucrările s-au rezumat de regulă la unele colectoare, lipsite însă și ele de posibilitatea evacuării la timp a apelor în recipienții

naturali pe timpul nivelelor ridicate în aceștia.

Toate aceste cauze au făcut ca situația terenurilor cu ape în exces, aflate în zona de câmpie a Banatului să fie numai parțial ameliorată prin lucrările executate.

1.6.2. APELE EXTERNE ȘI INTERNE; CICLICITATEA REVĂRSĂRIILOR

1° Apele externe

În perioada de 147 ani ce s-a scurs (până la data realizării *Monografiei*), de la anul 1813, de când se fac observații sistematice asupra mersului viiturilor, în 20 de ani au fost înregistrate în Banat ape mari extraordinare. Ele s-au succedat deci cu o frecvență medie de o inundație la 7 ani, iar cele catastrofale, de la 30 ani.

Sistemele de îndiguire executate în prima decadă a secolului XX au fost dimensionate pentru debite care s-au dovedit a fi subapreciate față de debite reale produse în ultimele decenii.

Astfel, sistemele de îndiguire din bazinele Timiș și Bega, executate la începutul secolului XX, au fost dimensionate pe baza debitului viiturii din anul 1859, cea mai mare viitură observată într-o perioadă de 100 ani.

În acel an a fost calamitățoasă suprafață de 280.000 ha precum și 46 localități, între care și Timișoara (v. fig. 1.59).

De abia fuseseră terminate acele îndigui, când au fost puse la grea încercare de către viiturile din anii 1910 și 1912. Viitura din anul 1912, de o amploare fără precedent până în ziua de azi (1960), a depășit cu mult previziunile.

O săptămână de ploi neîntrerupte ce au căzut în luna mai a anului 1912 pe o suprafață de circa 5.000 km² a zonei muntoase unde își au obârșia Timișul și Bega a fost cauza inundațiilor din acel an.

Mai mult de 80% din ploile căzute, aproape 800 milioane m³ apă, s-au năpustit asupra câmpiei timp de două săptămâni. Înălțimea valurilor de viitură a întrecut cu peste 1,0 m calculele care au stat la baza proiectelor de îndiguire.

Cu acest prilej au fost inundate orașul Lugoj și numeroase localități rurale, apele s-au revărsate peste creasta digurilor în mai multe locuri, iar în dreptul comunelor Sag și Cebza, digurile Timișului au fost rupte (fig. 1.60, fig. 1.61 – foto).

Comuna Cebza a fost în întregime distrusă, alte două sate au suferit mari stricăciuni; au fost inundate terenuri agricole în suprafață de 25.000 ha; cantitatea de apă revărsată a fost evaluată la 200 mil. m³; construcțiile, instalațiile și mai ales căile de comunicații aflate în calea apelor au fost grav avariate. Situații similare au avut loc și în zona canalului Lanca-Bârda (fig. 1.62 – foto).

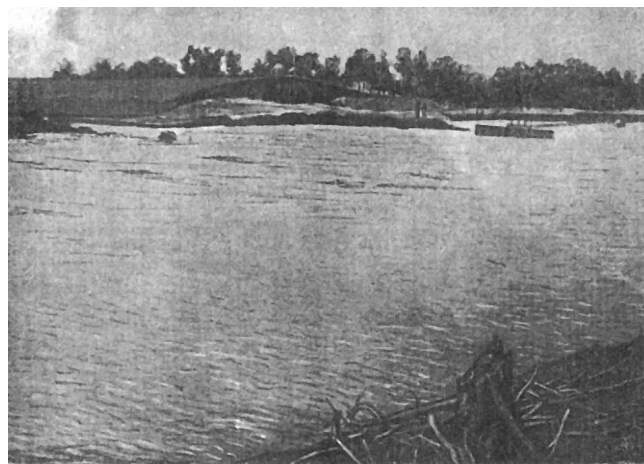


Fig. 1.60 (foto). Ruptură în digul stâng r. Timiș, comuna Cebza



Fig. 1.61 (foto). Stăvilă de beton distrus cu ocazia rupturii produsă în digul râului Timiș



Fig. 1.62 (foto). Ruptură în digul drept al canalului Lanca – Bârda

Întinderea inundațiilor a fost totuși mai redusă decât aceea din anul 1859, deși viitura din acel an era mai scăzută. Aceasta s-a datorat noilor lucrări de protecție care în parte au făcut față apelor mari, precum și unei mai bune organizări a operațiilor de apărare.

În văile dintre munți, avalanșele de apă au măturat tot ce au găsit în cale, au prilejuit peste 100 victime omenești, au nimicit turme de oi și de taurine, au distrus kilometri de căi ferate și numeroase poduri.

Este de menționat regularitatea cu care s-au succedat marile viituri din ultima jumătate de secol, pe cuprinsul bazinului Timiș-Bega.

Viiturile care s-au produs în anul 1910 și au culminat după o pauză de un an, cu acelea memorabile din 1912, s-au reprodus în anii 1940-1942, după 30 ani și au avut efecte tot atât de dăunătoare, cu singura deosebire că pe când inundațiile din 1912 au provenit din revărsările cursurilor de apă, acelea din 1942 au fost cauzate mai ales de abundența extraordinară a apelor interne și de afluența apelor subterane.

Viitura din 1919, de proporții relativ reduse, s-a repetat după 30 ani, în vara anului 1949, și a fost de asemenea mai puțin periculoasă.

În iarna anului 1925, a avut loc o viitură extraordinară, pentru ca în iarna și primăvara anului 1955, deci exact după 30 de ani, să se producă o viitură aproximativ de aceeași proporție, care a pus în pericol mai ales sistemul de apărare al canalului Bega, după cum s-a întâmplat și în iarna anului 1925.

În anul următor, 1926, o viitură de și mai mari proporții s-a produs în timpul verii și a amenințat mai ales sistemul de îndiguire al Timișului. Și de data aceasta, periodicitatea de 30 ani s-a confirmat prin apele mari din anul 1956.

Aceste constatări în bazinul Timiș-Bega confirmă până acum o periodicitate de 30 ani în producerea viiturilor și anume în următoarele 3 variante:

- viituri în câte un singur an (1919 și 1949);
- doi ani de viituri, între care se intercalează un an normal (1910 și 1912 respectiv 1940 și 1942);
- viituri în 2 ani consecutivi (1925 și 1926, care își au corespondența în anii 1955 și 1956).

În cadrul acestor perioade de 30 ani se intercalează viiturile succesive produse la intervale de 6-8 ani în medie la 7 ani, această frecvență fiind o caracteristică a ultimilor 50 de ani (fig. 1.63).

Viiturile ce au urmat catastrofei inundațiilor din anul 1912 au putut fi stăvilit de către îndiguirile sistemului Timiș-Bega pentru motivul că, deși amenință-

toare, au rămas cu mult sub amploarea viiturii din 1912, precum și datorită reușitei eforturilor depuse pentru apărarea digurilor. O singură rupere de dig a avut loc în primăvara anului 1940, pe canalul Lanca-Birda (afluent al Timișului) în urma căreia a fost inundată o suprafață de cca. 1.000 ha în raza comunei Macedonia.

Alte inundații au mai produs însă viiturile extraordinare amintite pe sectoarele neîndiguite ale cursurilor de apă, sau pe sistemele de îndiguire incomplete.

Astfel, datorită subdimensionării sistemului de îndiguire al canalului Bega Veche (care până la refacerea și completările aduse în anii 1957-1959 nu putea cuprinde decât 60% din volumul apelor mari extraordinare), în anii 1932, 1940, 1942 și 1954 a fost inundată o suprafață de circa 5.000 ha, în raza comunelor Becicherecul Mic, Beregsăul Mare, Săcălaz și Cărpiniș.

În zonele neamenajate, inundații mai frecvente prin revărsarea apelor din albia râurilor se produc mai ales în Valea Ierului, Valea Râul-Glavița, Valea Gher-teamoș, Valea Chizdia, Timișina, Surgani, Pogăniș, toate făcând parte din bazinul Timiș-Bega.

O situație analogă s-a remarcat și în celelalte bazine hidrografice ale râurilor Banatului, Bârzava, Carasul, Nera și Cerna, precum și pe Mureș.

Apele mari extraordinare ale râurilor, produse în anii 1925, 1926, 1932, 1940, 1942, 1955 și 1956, deși nu au atins amploarea viiturii din 1912, au scos în evidență faptul că unele sisteme de îndiguire existente nu prezintă o siguranță suficientă față de pericolul depășirii digurilor.

Viiturile din 1972-1975, înscriindu-se în ciclicitatea prezentată și prin graficul din fig. 1.63, au determinat constituirea unei Comisii Naționale de Apărare contra Inundațiilor (C.A.I.). Această comisie, constituită din specialiști recunoscuți, a efectuat o serie de studii în diversele bazine hidrografice (și unități ameliorative), propunând soluții axate pe „Regularizări” (acumulări și îndigui, asamblate cu măsurile de combaterea eroziunii solurilor, împăduriri, desecări, drenaje etc.).

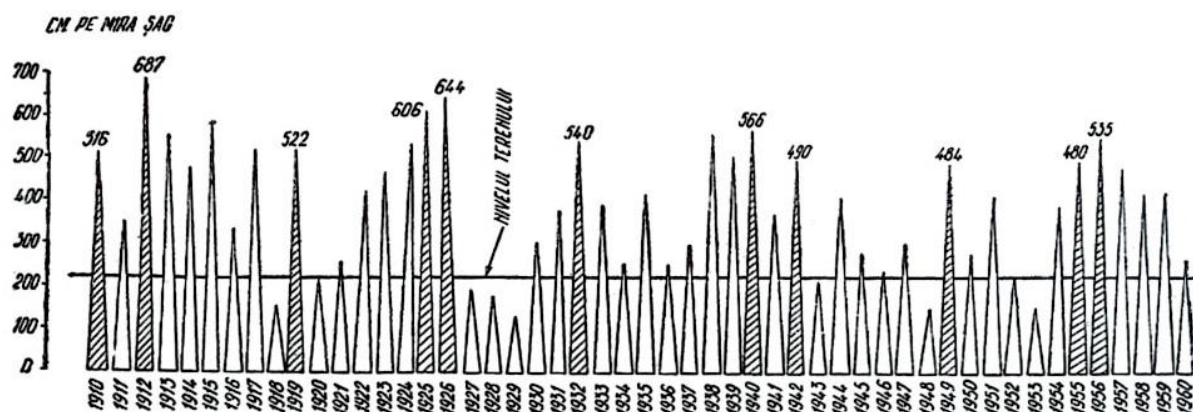


Fig. 1.63. Periodicitatea viiturilor în bazinul Timiș-Bega

Au fost organizate și deplasări pentru documentare, în țări cu sisteme de apărare considerate ca fiind puse la punct (ex. Italia de Nord, Austria, Germania etc.), și având condiții naturale apropiate României.

După trecerea perioadei cu scurgeri relativ normale – de 30 de ani – deci după încheierea *ciclului* de 30 de ani, Banatul de Sud a fost confruntat, după cum bine se cunoaște, în aprilie-mai 2005, de marea revărsare de *ape externe și interne*.

Cu atenție și simț de răspundere specialiștii ce vor veni, pot completa și graficul enunțat prin fig. 1.64, adăugând și ciclul 1972-1975, dar și pe cel din 2005, care poate fi singular, sau în cel mai greu caz și urmat de alte vârfuri (de 1-2 ani), iar organele de răspundere statală trebuie să-și concentreze preocupările și eforturile financiar-materiale, cu mai mare răspundere.

2° Apele interne

Aproape fără excepție, toate terenurile din incintele îndiguite sunt expuse în același timp și inundațiilor provocate de apele în exces provenite din precipitațiile locale.

Precipitațiile abundente căzute pe terenuri slab permeabile și lipsite de pantă provoacă inundații prin stagnarea lor la suprafața terenului sau prin menținerea solului într-o stare de umiditate excesivă. Apele interne în exces apar în terenurile „grele”, chiar dacă acestea au o pantă suficientă, precum și în incintele îndiguite, cu ocazia viiturilor, datorită apelor de infiltrație.

În ce privește frecvența și amploarea inundațiilor provenite din ape interne, ultimele decenii au indicat o frecvență de 1:3 ani pentru inundații mari, de durată (câteva săptămâni) care afectează de regulă mai multe zeci de mii de hectare și o frecvență de 1:2 ani pentru inundații de scurtă durată (câteva zile) și care afectează suprafețe de câteva mii de hectare pe întreg teritoriul Banatului.

Numai a treia parte din anii unei perioade de timp mai îndelungat nu produc pagube substanțiale prin inundații.

Succesiunea inundațiilor din ape interne marchează o periodicitate mai puțin vădită decât aceea a viiturilor mari ale cursurilor de apă. Se poate afirma că apele mari extraordinare (externe), mai ales acelea de primăvară, sunt însoțite de obicei de ape interne păgubitoare. Există, totuși, o oarecare regularitate în producerea excesului de ape interne, cicluri de 7 ani ploioși și secetoși, caracterizați prin exces, respectiv prin deficit de umiditate. Astfel, în perioada 1925-1932 au avut loc trei inundații memorabile, perioada 1933-1939 a suferit mai mult din lipsă de precipitații, pentru ca în anii următori să înceapă seria marilor viituri și a apelor interne în exces, care au culminat cu anul 1942. În acel an s-au produs cele mai întinse și mai de lungă durată ape

interne observate până atunci în Banat, ca urmare a excesului de umiditate acumulat în sol din anii prece denți. În schimb, precipitațiile căzute în a doua jumătate a aceluiași an excepțional, au fost atât de reduse încât pe terenurile ferite de inundații, culturile au suferit din cauza secetei. După secetele din anii 1946, 1950, 1952, în anul 1953 a început din nou seria marilor viituri ale cursurilor de apă și excesul de ape interne. Suprafețele afectate de inundațiile apelor interne, în trecut, sunt cunoscute numai din informațiile sumare rămase de la organele administrative locale, iar mai recent din cercetările pe teren a unor organe tehnice în cadrul Comisiei regionale pentru prevenirea și combaterea inundațiilor.

După datele deținute de O.R.I.F. Timișoara, asupra inundațiilor din cuprinsul Banatului, următoarele suprafețe agricole au fost inundate datorită apelor interne în exces:

- în anul 1940, suprafețe situate în incinte îndiguite și dotate parțial, cu rețele de desecare – 94.500 ha
- în anul 1942, suprafețe situate în cea mai mare parte în incinte îndiguite și o parte în afara acestora – 200.000 ha

- în anul 1954, suprafețe inundate în primăvara anului, dar identificate abia în luna iulie a aceluși an – 32.460 ha (din care 3.200 ha au fost calamitate în sisteme amenajate, lipsite de stații de pompare, iar restul în bazine lipsite de lucrări);

- inundațiile din anul 1955 au început să se producă încă în timpul iernii și au culminat la mijlocul lunii martie, când s-au extins pe o suprafață de 60.743 ha (din care 16.919 ha fac parte din zonele amenajate parțial prin lucrări de hidroameliorații, iar restul în bazine lipsite de lucrări).

Toate aceste inundații au avut urmări grave pentru culturile agricole, periclitând totodată și așezămintele omenești (fig. 1.64, 1.65 – foto).

În vederea înlăturării inundațiilor provocate de apele interne, în perioada 1951-1960 (și în special după 1955) s-au executat importante lucrări pentru completarea și refacerea sistemelor de desecare. Aceste lucrări constă din: despotmoliri și redimensionări ale canalelor de desecare existente; executarea unor canale de desecare noi prin care să se asigure scurgerea apelor din zonele joase; construirea de stații de pompare pentru evacuarea apelor de desecare în recipientele naturale (atunci când nivelele mari din acestea nu permit evacuarea gravitațională). Asemenea lucrări s-au executat în sistemele de desecare: Aranca (compartimentele I și II), Checea-Jimbolia, Pustiniș-Uivar, Răuți, Vest Timișoara, Timișat-Țeba, Rudna-Giulvăz, Caraci, Gad, Sareș, Banloc-Tolvadia, Partoș etc. Aceste lucrări au avut ca rezultat ameliorarea unei suprafețe de circa 150.000 ha.



Fig. 1.64 (foto). Inundații cu ape locale la Cărpiniș; casele inundate încep să se dărâme



Fig. 1.65 (foto). Inundații în periferia orașului Jimbolia (iunie 1956)

Un aspect deosebit îl reprezintă regimul de scurgere al apelor în zona de vest a Banatului, situată de-a lungul frontierelor româno-ungare și româno-iugoslave. În această zonă, toate cursurile de apă mai de seamă (Mureșul, Bega Veche, Timișul, Bârzava, Carasul și Nera), precum și o serie de canale colectoare ale sistemelor hidroameliorative, au fost monitorizate de frontiera de stat. Datorită acestei situații, începând din anul 1919, sistemele în cauză nu au mai putut fi dezvoltate în mod unitar, așa cum au fost inițial concepute, fiecare din părți căutând să-și rezolve cu precădere problema evacuării apelor proprii. Ca urmare, pentru o parte din sistemele de desecare s-a creat o problemă nouă, aceea a realizării unei funcționări independente pe teritoriul românesc, asigurând evacuarea apelor interne în albiile cursurilor mari de apă.

Reglementarea scurgerii apelor în zona frontierei formează obiectul unor convenții bilaterale, între guvernul român pe de o parte, și guvernele celor două state vecine, pe de altă parte.

PROTECȚIA TERENURILOR CONTRA POLUĂRII CU APE UZATE ȘI REZIDUURI ORGANICE, PRIN AMENAJĂRI HIDRAULICO-AGRARE: IRIGAȚII, IAZURI BIOLOGICE, STAȚII DE EPURARE, DEPOZITE DEȘEURI

ASPECTE GENERALE

Protecția mediului – *sol, aer, apă* – constituie una din preocupările fundamentale ale societății. Aici, vom trata numai o serie de aspecte și măsuri legate de tehnica epurării și valorificării apelor uzate provenind din gospodăriile țărănești și din complexele zootehnice.

Pe plan mondial, în special în țările industrializate atenția deosebită se acordă tehnicii de epurare a apelor reziduale, pentru a atinge un grad de epurare tot mai ridicat, pentru ca impuritățile în efluentul stațiilor de epurare să fie reduse la minim.

Uniunea Europeană, spre care România își concentrează activitățile, are deja elaborate o serie de directive și în acest domeniu, al epurării apelor uzate.

În condițiile României, în care agricultura reprezintă un sector prioritar al economiei, epurarea apelor uzate (inclusiv deșeurile), provenite atât din sectorul zootehnic, cât și din cel agro-industrial (inclusiv aglomerațiile umane), implică tratarea mixtă, orientată pe direcțiile:

- epurarea apelor uzate, în stații de epurare din care efluentul să prezinte un grad cât mai ridicat de calitate, și

- epurarea la un nivel acceptabil pentru a fi valorificate (apele uzate) în agricultură, prin irigații și alte măsuri de valorificare locală-gospodărească.

În lucrarea de față se va dezvolta cu prioritate acest al doilea aspect, în care de altfel există numeroase realizări în România, dar insuficiente din punct de vedere tehnologic, datorate finanțării limitate numai la bugetul de stat, din banii publici.

O dezvoltare ulterioară, a problemei epurării și valorificării apelor uzate din mediu rural, la nivelul cerințelor Uniunii Europene, este confruntată cu două probleme: **finanțarea** lucrărilor în condițiile pe care le oferă economia de piață, prin participarea unor firme (organizații) cu putere financiară ce operează pe plan

internațional și adoptarea unor **tehnologii** (de epurarea și valorificarea apelor uzate) la nivelul acestor cerințe (europene).

Acest aspect „**tehnologii adecvate**” se va dezvolta în continuare, fără a se neglija însă aspectele financiare, respectiv costurile de investiție și de exploatare.

Un exemplu interesant îl poate oferi (ca soluții de finanțare, execuție și exploatare) întreprinderea germană – holdingul „**Asociația Ruhrului**”, care reunește mai multe firme mari din domeniul alimentării cu apă și al evacuării apelor uzate. Acest holding, „**Asociația Ruhrului**”, asigură exploatarea a circa 100 stații de epurare, ce deservește un teritoriu populat cu peste trei milioane de locuitori.

În lucrările sesiunii științifice din 7-9 octombrie 1998 de la Facultatea de Hidrotehnică din Timișoara (cu ocazia aniversării a 50 de ani de activitate) au fost prezentate importante comunicări din domeniul epurării și valorificării apelor uzate, printre care s-au evidențiat și realizările din Landul Renania de Nord- Westfalia. Lucrarea „**Epurarea apelor reziduale** – Stații comunale de epurare, cu exemple de proiectare” a specialiștilor Klaus R. Imhoff; Harro Bode și Peter Evers, tradusă la Universitatea „Politehnică” Timișoara (1998) oferă un valoros material bibliografic la nivel mondial și în concordanță cu normele Uniunii Europene.

Pentru capitolul de față se vor reține o serie de soluții, date financiare și organizatorice din această lucrare, însă cu direcționare spre tema urmărită: **valorificarea (și epurarea) apelor uzate din complexele zootehnice**, precum și din **gospodăria țărănească**, ambele și în ideea protecției și dezvoltării rurale (satului).

Un rol documentar deosebit revine studiilor ISPIF, și îndeosebi tezei de doctorat a d-nei dr. ing. Ileana Vrabie „**Contribuții la studierea tehnicilor de irigații cu ape uzate provenite de la un complex zootehnic reprezentativ din nord-estul țării**”. Teza a fost elaborată în cadrul Facultății Hidrotehnice din Universi-

tatea Tehnică Iași, sub îndrumarea prof. Valeriu Bli-daru, în baza unor contracte de cercetare cu ISPIF Bu-curești (dr. ing. A. Zaharia și dr. ing. V. Dobre).

Corelarea problemelor de protecția terenurilor cu dezvoltarea durabilă a satelor, prin intervenția ame-najărilor hidraulico-agrar, implicate în valorificarea apelor uzate, a condus la organizarea acestui capitol pe trei secțiuni:

- apele uzate din complexele zootehnice și stați-ile de epurare aferente (cap.2.1);
- tehnicile de valorificare a apelor uzate, prin irigații (cap. 2.2);
- apele uzate și deșeurile din gospodăriile rurale – cu măsuri și tehnici de valorificare și protecție (a mediului) (cap. 2.3).

2.1. PROBLEMA APELOR UZATE DIN COMPLEXELE ZOOTEHNICE ȘI STAȚIILE DE EPURARE AFERENTE

Cu toate că în ultimul deceniu, prin reorganiza-re-a agriculturii și a întregii vieți agro-economice a țării, s-a ajuns la o reducere simțitoare a complexelor zoo-tehnice, fiind convinși că în viitor acest sector impor-tant al agriculturii va recăpăta valențele necesare – în formule organizatorice moderne – vom prezenta în continuare stadiul atins în perioada 1992-1993, peri-oadă de vârf (în această formulă organizatorică).

Cu privire la apele uzate din complexele zoo-tehnice și stațiile de epurare aferente, s-au întreprins studii (1992-1993) de către ISPIF-SA, analizându-se stadiul fizic și funcțional al celor 363 de stații de epu-are (aferente fermelor și complexelor animaliere) din ce-le 15 județe ale țării în care au fost realizate amenajările respective (tabelul nr. 2.1 și fig. 2.1).

A rezultat, din aceste studii, că nu se dispune decât în mică măsură de mijloacele de prevenire și combatere a poluării mediului înconjurător. Mai mult, inexistența unor stații de epurare constituie focar de infestare a solului, aerului și apei din zonă, iar acolo unde există se constată că acestea nu sunt capabile de a epura (de a îmbunătăți) corespunzător calitatea apelor ce urmează a fi evacuate sau a fi valorificate la fertiri-garea terenurilor agricole.

Colectivul ce a elaborat concluziile acestui stu-diu^{*)} (1992-1993) semnalează că starea gravă prezen-tată mai sus se datorește următoarelor cauze:

^{*)} Vlad Ionescu Sisești, Virgil Dobre, Ion Jinga, Adrian Zaharia, Rodica Matei, C-tin Murgociu: Ecologia în epurarea și valorifi-carea potențialului energetic al apelor uzate provenite din fermele și complexele animaliere.

Tabelul nr. 2.1. Sisteme de irigație cu ape uzate din România (1996) după I.S.P.I.F.

Nr. crt.	Denumire sistem	Județul	S (ha)	Sistemul de irigație existent
1.	Ciulnița	Călărași	660	Gălățui-Călărași
2.	Dâlga	Călărași	357	Mostiștea
3.	Cudalbi	Galați	250	
4.	Cosmești	Galați	567	
5.	Mihăilești	Buzău	400	
6.	Munteni-Vaslui	Vaslui	600	
7.	Jegălia	Călărași	571	Jegălia
8.	Dragoș-Vodă	Călărași	545	Gălățui-Călărași
9.	Modelu	Călărași	2032	Terasa Călărași
10.	Radu Negru	Călărași	705	Gălățui-Călărași
11.	Fetești	Ialomița	2029	Terasa Bordușani
12.	Vlădeni	Ialomița	937	Bordușani-Făcăieni
13.	Cazănești	Ialomița	2996	
14.	Bora	Ialomița	647	Pietroiu-Ștefan cel Mare
15.	Amara	Ialomița	564	Ialomița-Călmățui
16.	Periș	S.A.I.	1640	Valea Vlăsiei-Săftica
17.	E.M. AGROCOM	Botoșani	150	Cătămărăști
18.	Leț-Covasna	Covasna	387	Moacșa-Pădureni
19.	Băilești	Dolj	400	Calafat-Băilești
20.	Bilciurești	Dâmbovița	400	
21.	Horia	Neamț	600	
22.	Ciorani	Prahova	600	
23.	COMAICO-Copăcenii	Giurgiu	700	
24.	Turdaș	Hunedoara	1100	
25.	AEI Verguleasa	Olt	596	
26.	AEI Negreni	Olt	485	
27.	COMTIM	Timiș	1640	
28.	Crevedia	Dâmbovița	152	
29.	Băneasa	Giurgiu	-	ICITID

a) *sporirea excesivă a efectivelor animaliere* – fără a se lua concomitent și măsuri de extindere a sis-temelor de epurare;

b) *lipsei de stații de epurare* – la unele ferme sau complexe animaliere;

c) *sistemului de furajare* – nerespectarea rațiilor și rețetelor de furajare zilnică;

d) *sistemului defectuos de promovare a investi-țiilor* – prin impunerea de către beneficiar a valorilor de investiție în care trebuie să se înscrie devizul general al stației de epurare;

e) *sistemului incorect de realizare a investiției* – prin nerespectarea de către beneficiar a execuției tutu-ror obiectelor din cadrul fluxului tehnologic al stației;

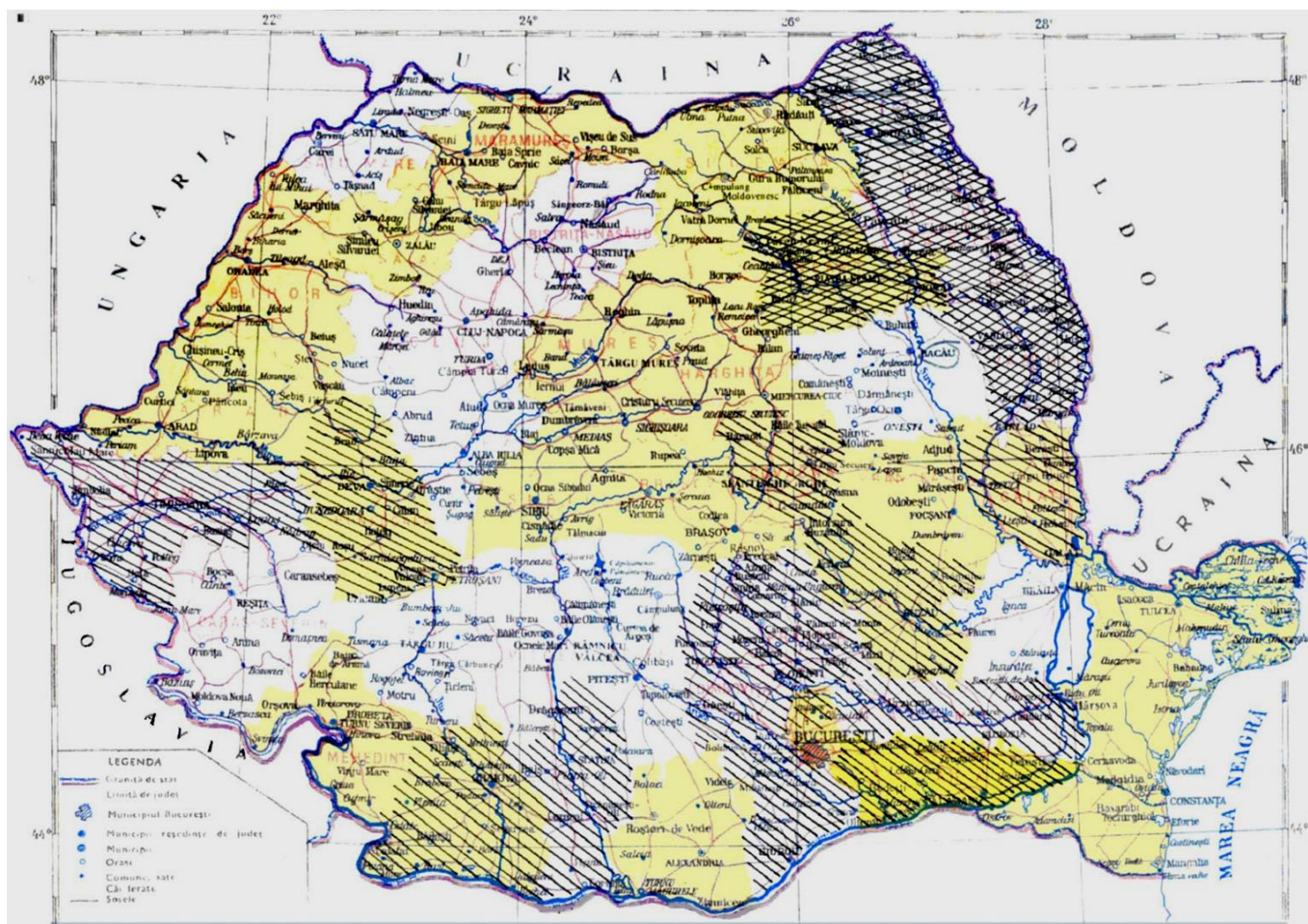


Fig. 2.1. Sisteme de irigație cu ape uzate din România

f) *sistemului electric* – neasigurarea funcționării continue a alimentării cu energie electrică (în tot timpul unei zile), scoțând din funcțiune treapta de epurare biologică a stației;

g) *sistemului de dotări pentru exploatare* – nedotarea stațiilor de epurare cu diverse sisteme de mașini pentru încărcat, transportat și împrăștiat nămolurile brute sau fermentate deshidratate pe terenurile agricole;

h) *utilajelor* – în diverse compartimente funcționale de epurare, acestea sunt lipsite de fiabilitate corespunzătoare, se avariază foarte ușor, ocazionează un consum exagerat de piese de schimb, ca exemplu se pot enumera următoarele:

- aeratoarele mecanice;
- podurile racloare;
- electropompele.

i) *recuperării energiei termice a nămolului fermentat* – prin introducerea schimbătoarelor de căldură nămol-nămol. Acesta este un proces considerat necesar și care trebuie introdus în tehnologiile de fermentare anaerobă a nămolului, conducând la economii însemnate de energie termică;

j) *prevederii de instalații de purificare a gazelor de fermentare* – prin care să se asigure reducerea umidității și suspensiilor conținute;

k) *arzătoarelor speciale pe biogaz simple sau duble și arzătoare combinate pentru biogaz și păcură* – care să asigure o funcționare optimă, la presiuni de 180-220-400 și de 5000 mm H₂O;

l) *aparaturii de măsură și control* – nefuncționarea corespunzătoare a manometrelor, debitmetrelor de apă uzată, contoarelor de gaze.

Se propune introducerea automatizării stațiilor de epurare, precum și:

- *analiza de apă și nămol (laborator)*;
- *personalul de exploatare competent*;
- *sistem de monitoring* – în scopul limitării poluării mediului și degradării solului;
- *completarea fluxului tehnologic cu site corespunzătoare*;

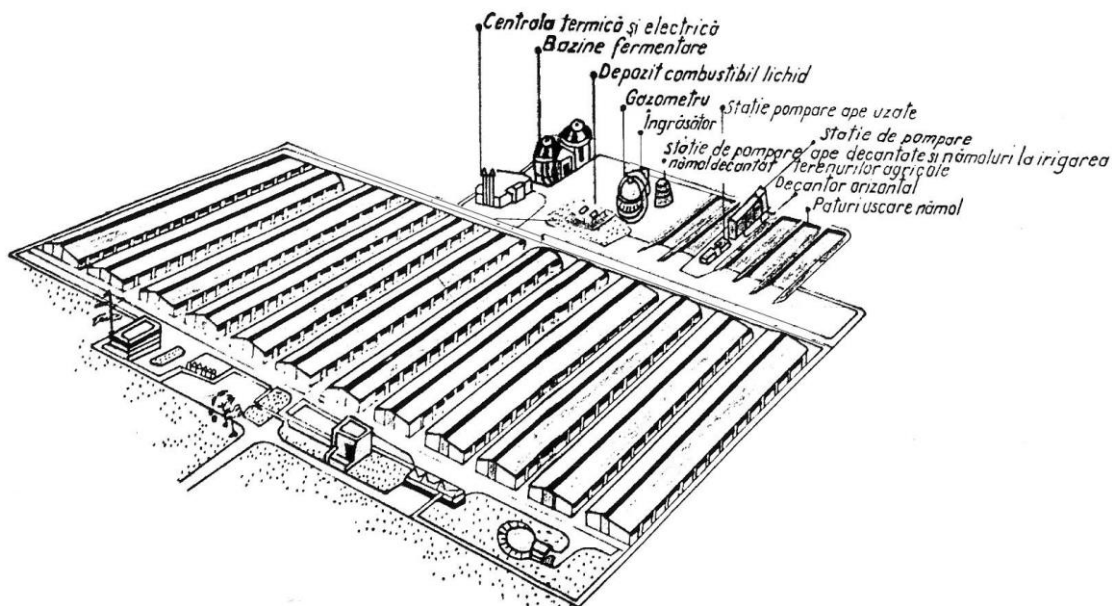
- *suprafețe de teren disponibile* – pentru că în marea lor majoritate fermele și complexele animaliere nu dispun de suprafețe de teren agricol, suficiente pentru valorificarea integrală a apelor uzate și a nămolurilor la fertilizarea solului

2.1.1. SOLUȚII ȘI SCHEME TEHNOLOGICE ALE STAȚIILOR DE VALORIFICARE A APELOR UZATE ȘI A NĂMOLURILOR DIN COMPLEXELE ZOOTEHNICE

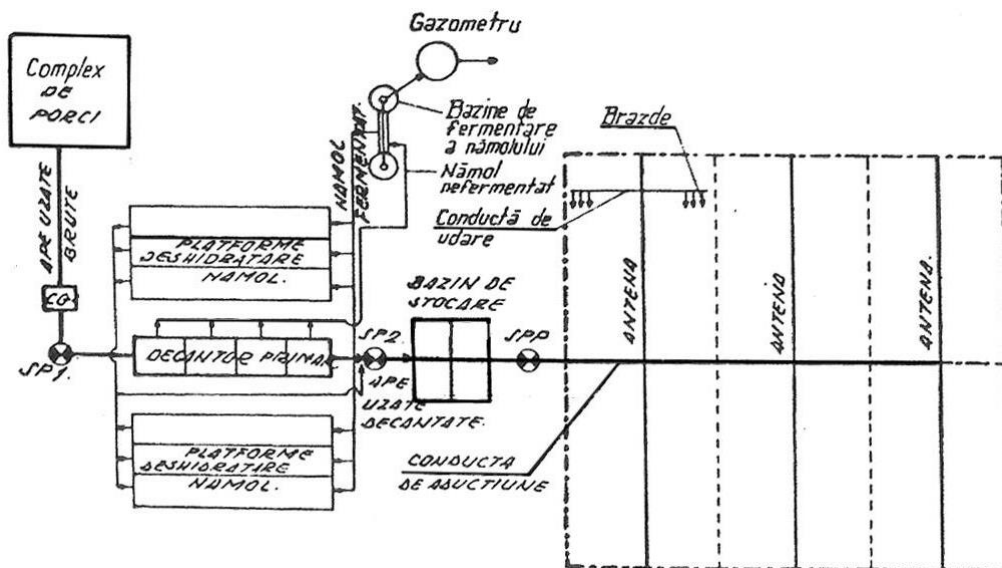
Ca o consecință a tuturor aspectelor negative prezentate mai sus, se remarcă faptul că suprafețe întinse de terenuri agricole limitrofe acestor ferme și complexe animaliere sunt adesea scoase din circuitul agricol, prin descărcarea dejecțiilor lichide neepurate corespunzător, acumulându-se astfel cantități impresionante de reziduuri organice, pentru care nu s-a luat încă nici o măsură concretă de eliminare a acestora. La

această stare contribuie și factorii de impurificare accentuată a mediului înconjurător, cu toate că există cadrul legal care interzice acest lucru.

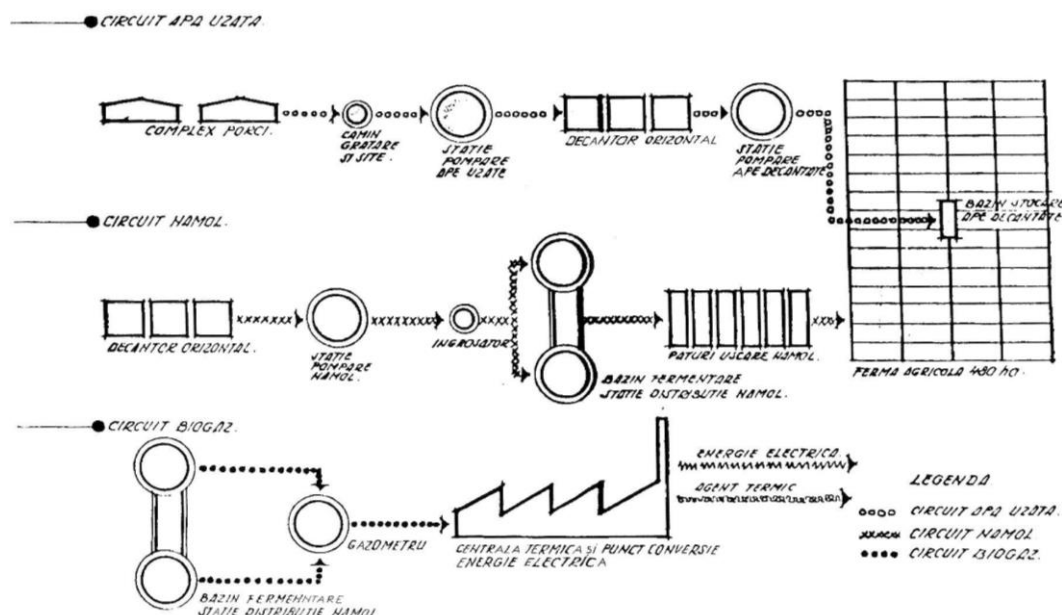
În ultima perioadă, plecându-se de la premisa că agricultura trebuie să fie nu numai beneficiarul unui mediu sănătos, dar și un factor activ în protecția și conservarea acestuia, este necesar ca pe viitor la stabilirea schemelor de flux tehnologic al stațiilor de epurare aferente fermelor și complexelor animaliere, să se ia în considerare următoarele aspecte (pl. 1, 2, 3). (Materiul prezentat, inclusiv planșele, rezultă din contractul de colaborare dintre I.S.P.I.F. – București (dr. ing. Adrian Zaharia) cu Facultatea Hidrotehnică Iași și Complexul Zootehnic Jilavele, din 1995.)



Planșa 1. Ferma sau complex de porci de tip industrial (A. Zaharia). Perspectivă: zonă epurare mecanică și valorificare a apelor uzate și nămoluri la fertilizarea terenurilor agricole și obținerii de biogaz



Planșa 2. Schema tehnologică privind valorificarea apelor uzate de la complexele porcine pentru fertilizarea solului prin împrăștiere pe terenuri agricole și obținere de biogaz (A. Zaharia):
CGS – cămin cu grătare și site;
SP1 – stație de pompare ape uzate; SP2 – stație de pompare ape decanate;
SPP – stație de pompare de punere sub presiune



Planșa 3. Fluxul tehnologic al stației de valorificare a apelor uzate și a nămolurilor pentru producerea de biogaz și fertilizant agricol la complexe porci tip industrial (A. Zaharia)

- reducerea gradului de poluare a mediului înconjurător;

- valorificarea în agricultură a apelor uzate epurate și a nămolurilor la fertilizarea terenurilor agricole;

- valorificarea energetică a nămolului, prin obținerea de combustibil neconvențional (biogaz);

- reducerea consumurilor de energie pentru procesele de epurare a apelor uzate, prin folosirea de utilaje cu fiabilitate și randamente energetice ridicate;

- obținerea de substituenți furajeri prin uscarea deiechțiilor provenite de la unele categorii de animale, cât și a făinii furajere.

Apele uzate brute evacuate din fermele și complexele de animale, prin natura lor, au caracteristici fizico-chimice și bacteriologice diferite, în funcție de proveniența lor. În general au o încărcătură minerală și organică de 10-15 ori mai mare decât ale celor proveni-

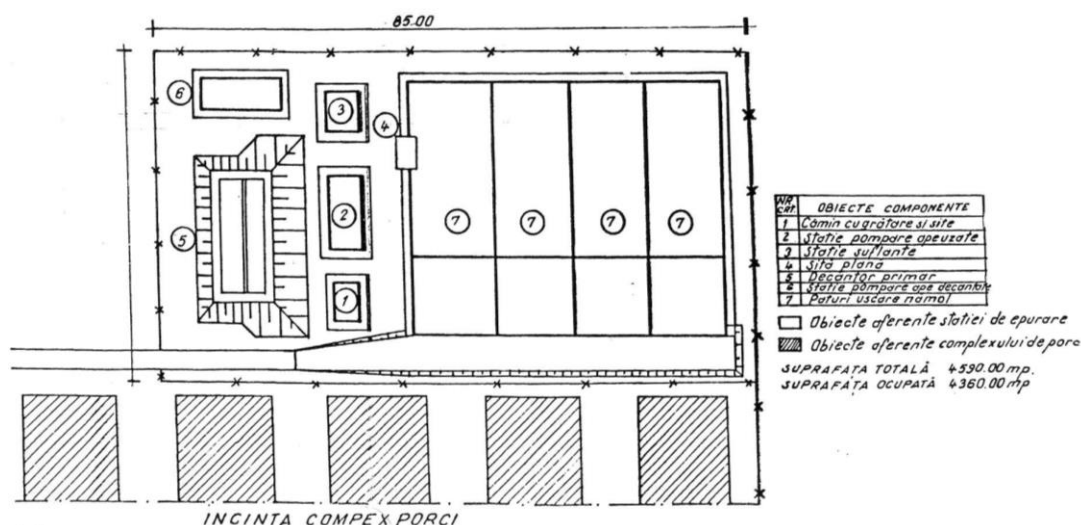
te din mediul urban, cifrându-se în jurul valorilor de 600-1200 mg/l la materii în suspensie și de 4000-10000 mg/l la materii organice, exprimate în CBO₅, constituind o sursă de poluare gravă a mediului înconjurător și în special a apelor de suprafață și solului.

În același timp aceste ape uzate sunt produse utile, cu valoare nutritivă și economică ridicată pentru agricultură (azot: 3,4% din S.U.; fosfor: 2% din S.U.; potasiu: 0,3% din S.U.).

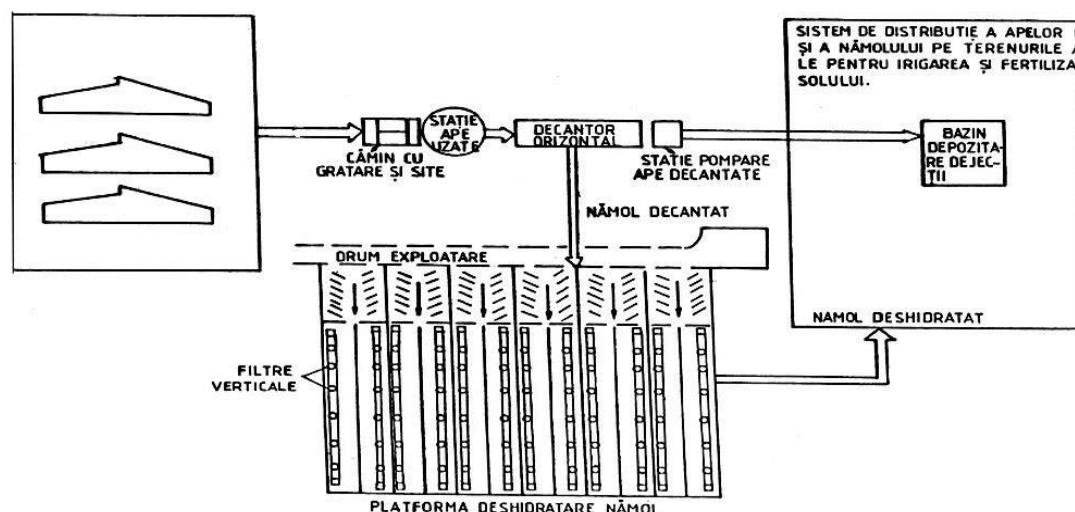
Astfel în domeniul epurării și valorificării apelor uzate, provenite de la fermele și complexele animaliere, pe specii de animale, colectivul amintit propune următoarele tehnologii:

A. În sectorul de creștere a porcilor:

A₁ – Stație de epurare mecanică cu valorificarea apei uzate decantate și a nămolurilor brute în agricultură (planșa nr. 4, 5);



Planșa 4. Stație de epurare treapta mecanică – schiță. Ferma sau complex de porci de tip industrial (A. Zaharia)



Planșa 5. Stație de epurare mecanică la o fermă sau complex de porci de tip industrial. Schemă tehnologică (A. Zaharia)

A₂ – Stație de epurare mecanică cu valorificarea apei uzate decantate și a nămolurilor fermentate în agricultură și obținerea de biogaz (planșa nr. 6, 7);

A₃ – Stație de epurare mecano-biologică, cu producere de biogaz, prin stabilizarea anaerobă a nămolurilor brute și evacuare în emisari naturali (planșa nr. 8);

A₄ – Stație de epurare mecano-biologică, cu stabilizare aerobă a nămolului (fără producere de biogaz) și evacuare în emisari naturali (planșa nr. 9);

A₅ – Stație de epurare mecanică, plus lagună aerobă și epurare biologică artificială cu nămol activat și evacuare în emisar natural.

A₆ – Stație de epurare mecanică, plus epurare biologică cu nămol activat și iazuri biologice facultative și strict aerobe (planșa nr. 9).

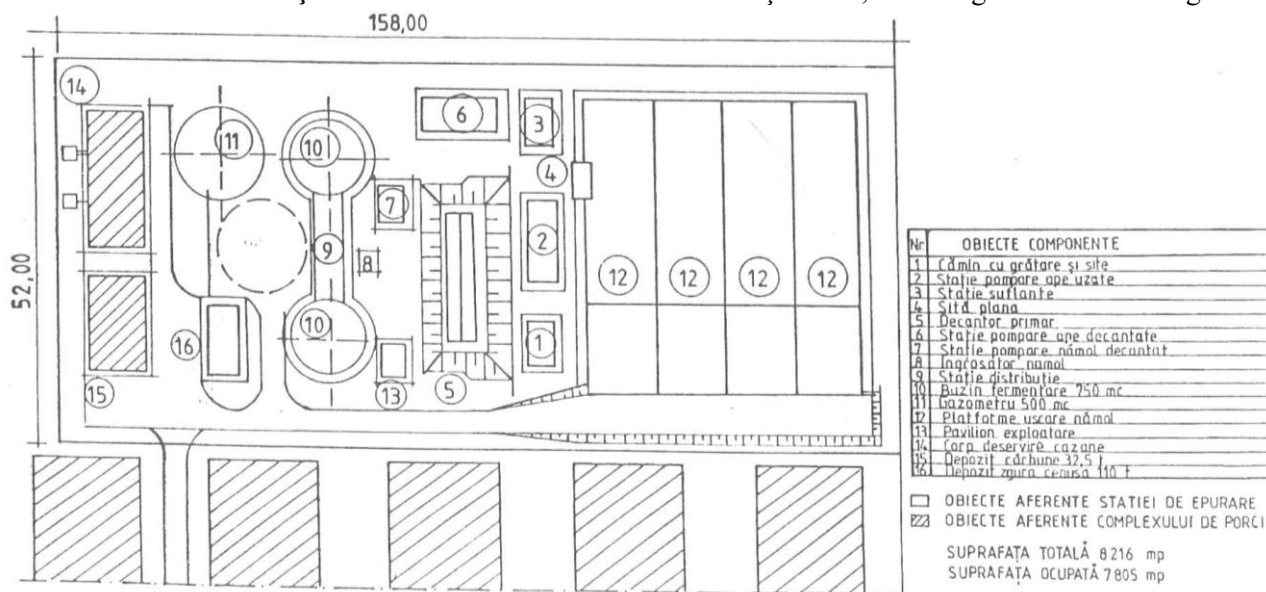
B. În sectorul de creștere a bovinelor: având

în vedere că materia în suspensie din dejecțiile lichide (apa uzată) are o greutate mai mică decât a apei, aceste reziduuri lichide au următorul circuit tehnologic (pl. 10 și B₁, B₂, B₃):

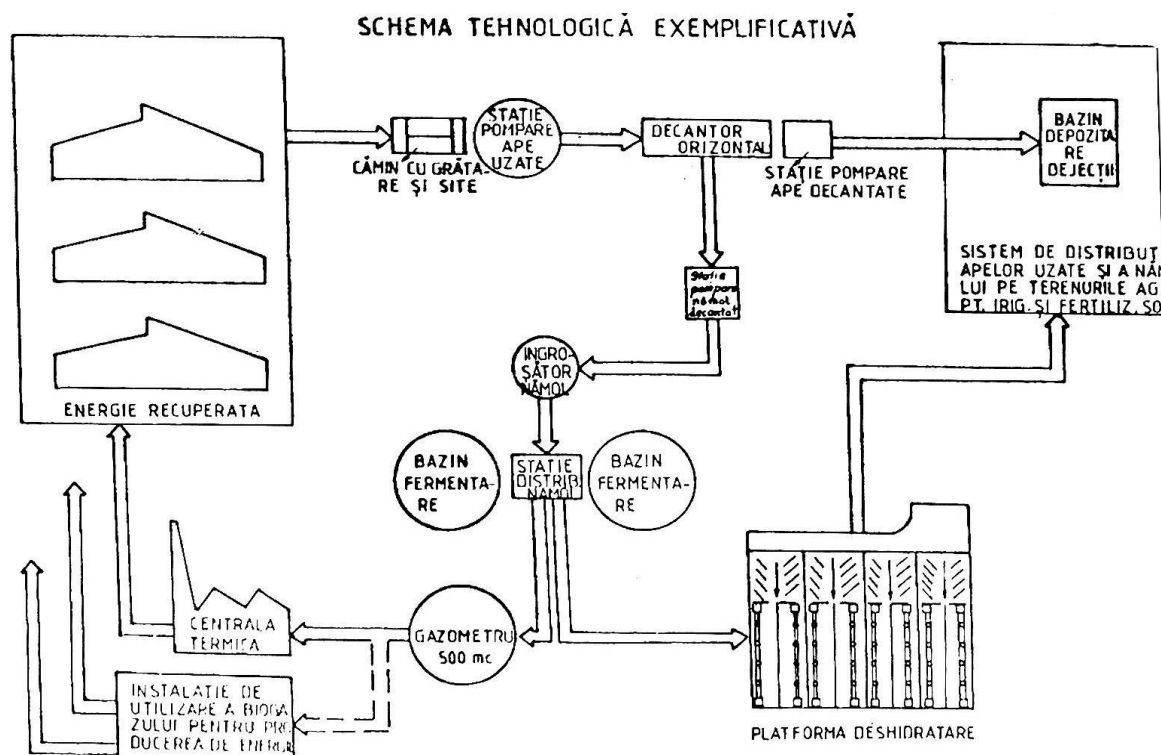
B₁ – Fosa rezervor – centrală, în care se acumulează întregul volum de ape uzate colectate din canalele hidraulice ale adăposturilor din incinta fermei și complexului de bovine. Aceste fose rezervor sunt prevăzute cu electropompe cu tocător cu ax vertical care funcționează în mediu umed și descarcă dejecțiile lichide pe o platformă special amenajată;

B₂ – Platforma de separare a fracției lichide de cea solidă: prevăzută cu filtre speciale, executată din beton;

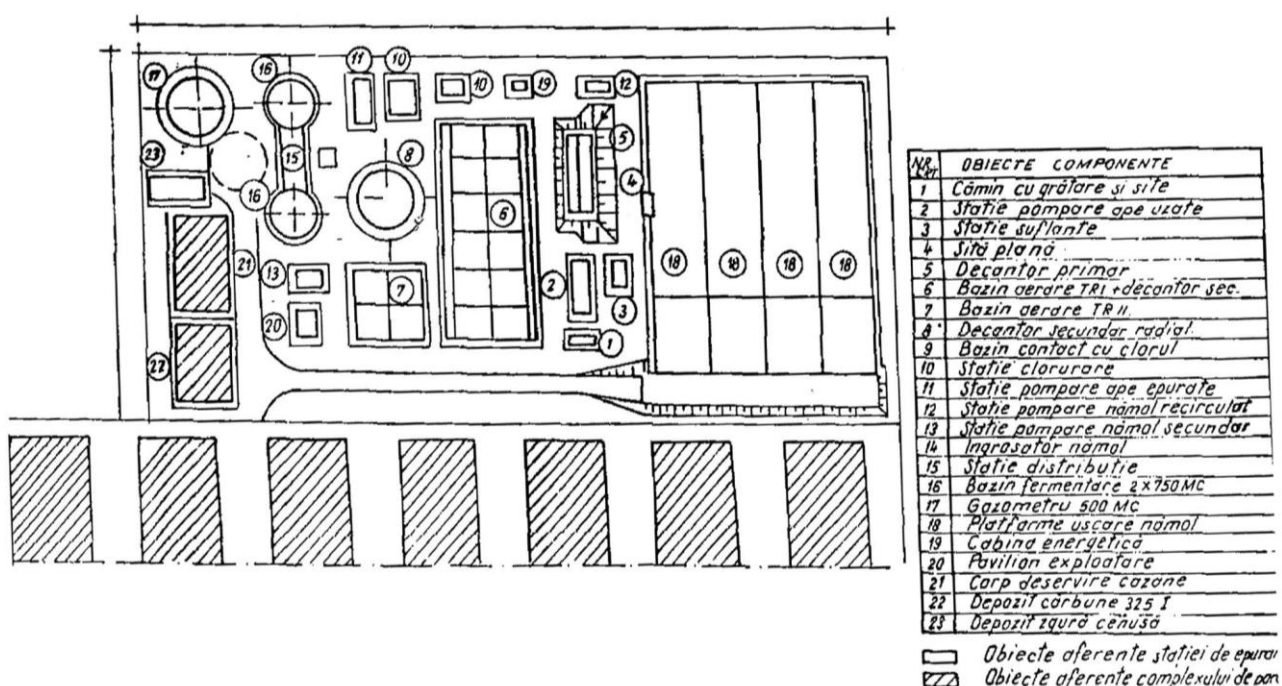
B₃ – Sistem de acumulare și valorificare a părții lichide și solide, la fertilizarea terenurilor agricole.



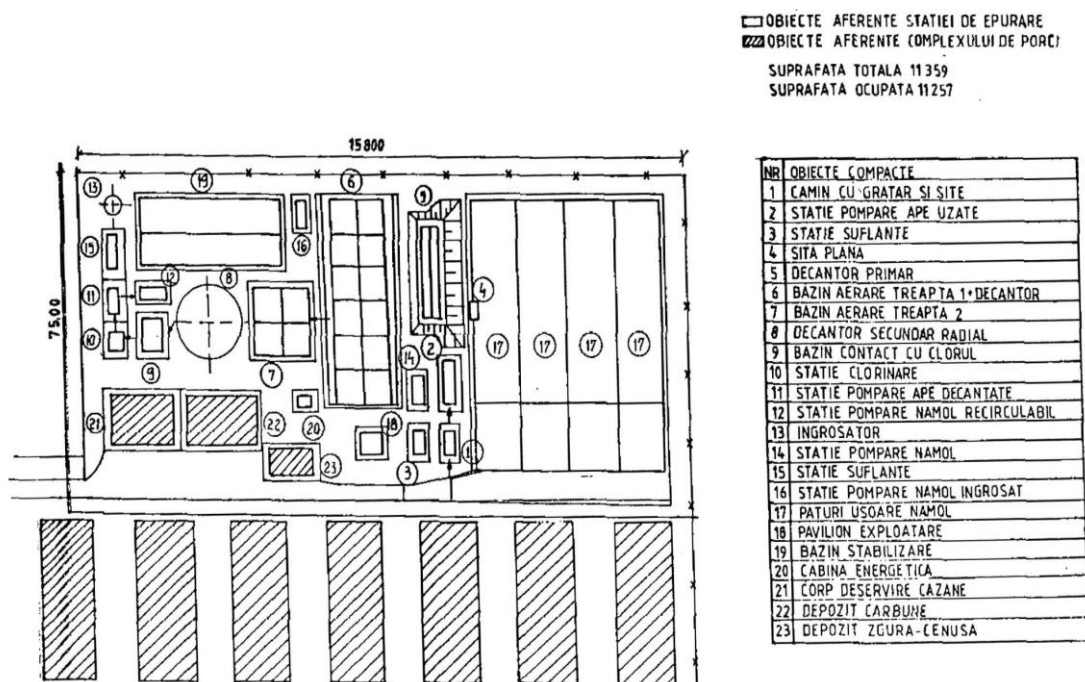
Planșa 6. Stație de epurare treapta mecanică cu valorificarea apei decantate și a nămolurilor la fertilizarea terenurilor agricole și obținere de biogaz la o fermă sau complex de porci de tip industrial (A. Zaharia)



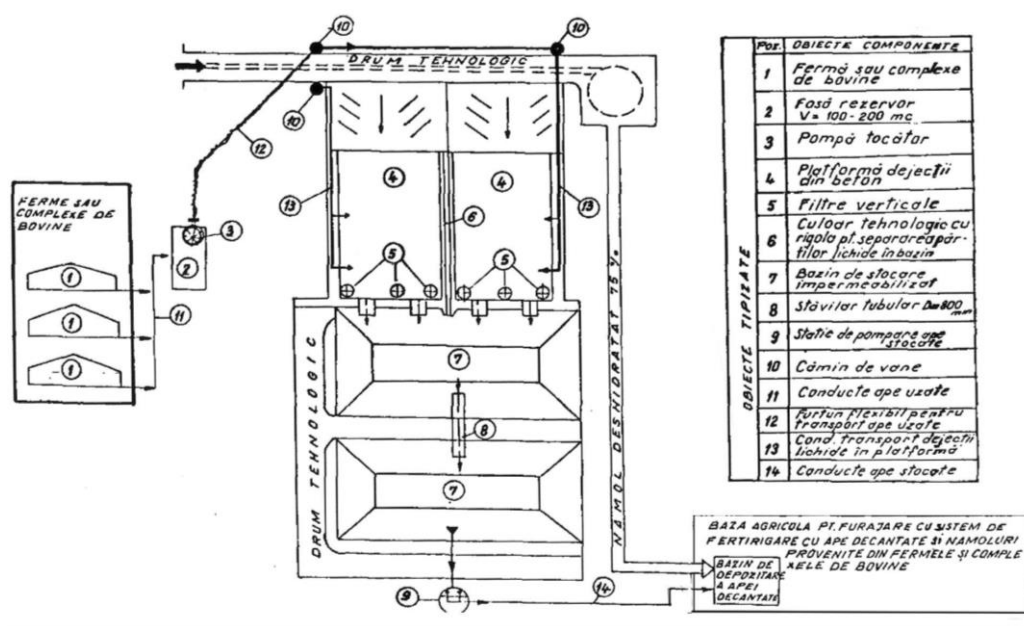
Planșa 7. Stație de epurare treaptă mecanică cu valorificare a apei decantate și a nămolurilor la fertilizarea terenurilor agricole și obținere de biogaz la o fermă sau complex de porci de tip industrial (A. Zaharia)



Planșa 8. Stație de epurare mecano-biologică cu stabilizare anaerobă a nămolului la complexul de porci de tip industrial – grad de epurare 99% (A. Zaharia)



Planșa 9. Stație de epurare mecano-biologică cu stabilizare aerobă a nămolului la complexul de porci de tip industrial – grad de epurare 99% (A. Zaharia). Plan exemplificativ



Planșa 10. Schema tehnologică a stației de valorificare a apelor uzate și a nămolurilor în vederea fertirigării terenurilor agricole la fermele și complexele de bovine

C. În sectorul de creștere a păsărilor: întrucât majoritatea fermelor și complexelor agricole sunt amplasate în apropierea orașelor, acestea evacuează de regulă apele uzate în rețeaua publică, în prealabil trecute printr-un sistem de epurare, care face ca apele uzate să corespundă parametrilor de descărcare prevăzuți de normativele în vigoare.

D. În sectorul de creștere al ovinelor: sistemul

tehnologic de creștere pe așternut de paie în care se încorporează și dejecțiile impune evacuarea „gunoiului de grajd” manual sau mecanic, după care se încarcă în mașini speciale cu lanțuri și se transportă pe terenurile agricole unde se împrăștie și se încorporează uniform în sol.

Procedul de fermentare anaerobă a nămolurilor rezultate din epurarea apelor uzate provenite de la

fermele și complexele animaliere oferă multiple avantaje, și anume (vezi planșa nr. 11 V₁ și 11V₂):

1. *Ecologic*: se distrug în cea mai mare parte germenii patogeni conținuți în nămoluri, care devin stabilizate, permițând reintegrarea acestora în mediu, cu luarea de măsuri speciale, astfel evitându-se riscurile de răspândire a unor eventuale epidemii prin infestarea solului sau pânzei freatice. Nămolul fermentat nu mai dezvoltă mirosuri dezagreabile în zonele limitrofe fermei și complexului animalier.

2. *Energetic*: se asigură o sursă proprie de energie, denumită gaz de fermentare sau „biogaz”, combustibil, cu putere calorică de 5.500-6.000 Kcal/ Nm³. Acest gaz, ce face parte din potențialul energetic al nămolurilor rezultate, poate înlocui parțial sau integral combustibilul clasic care se folosește în centralele termice construite pentru nevoile tehnologice din cadrul complexelor. Mai ales pe timpul verii acesta poate fi convertit în energie electrică prin utilizarea unor grupuri energetice de construcție specială.

3. *Agrar-economice*: apele epurate mecanic (decantate) cât și nămolurile fermentate au un conținut însemnat de săruri minerale. Acestea pot fi folosite la fertilizarea prin irigare și îngrășare naturală a terenurilor agricole limitrofe fermelor sau complexelor animaliere, înlocuind volume mari de apă din sistemele naționale sau locale de irigare, cât și parțial îngrășămintele chimice.

4. *Funciare*: suprafețe foarte mari de teren, care sunt folosite ca depozite de ape uzate și de nămoluri nefermentate, pot fi redacte circuitului agricol odată cu execuția și punerea în funcțiune a stațiilor de epurare respective.

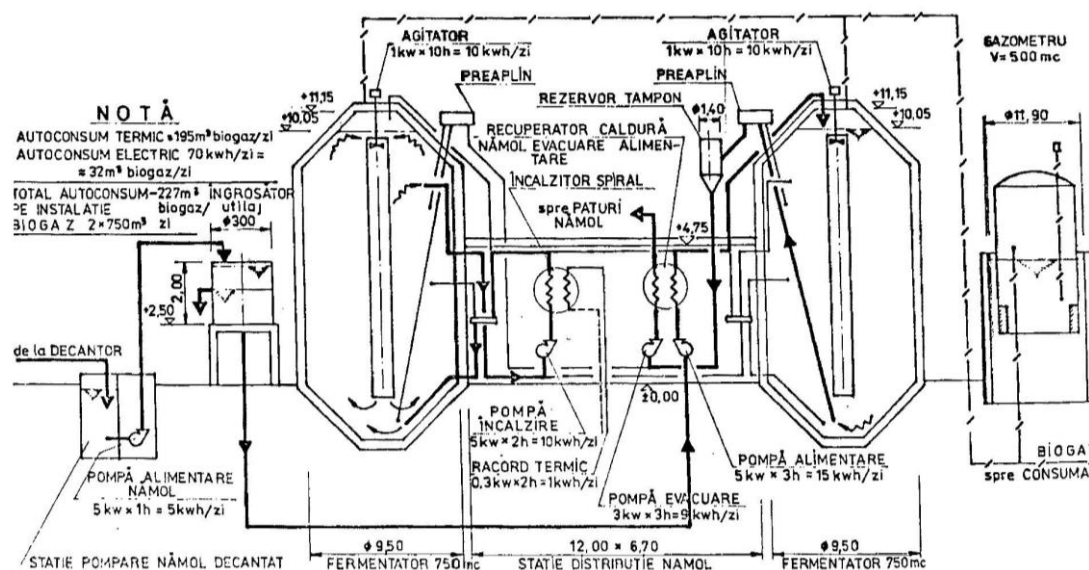
Din cele prezentate în acest material se trage concluzia că poate să existe o conlucrăre armonioasă a

intereselor energetice cu cele ecologice care să conducă la respectarea cantităților în privința stabilirii valorilor admisibile ale principalelor substanțe poluante din apele uzate, înainte de evacuarea acestora.

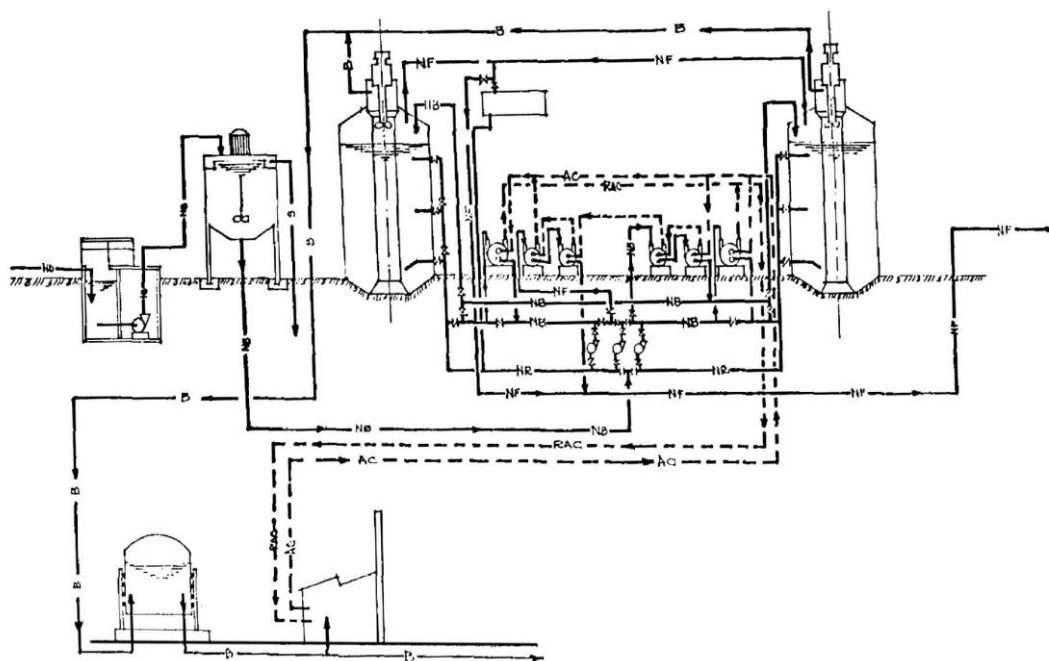
Soluția tehnologică de epurare anaerobă a apelor uzate, puternic încărcate cu substanțe organice biodegradabile provenite de la fermele zootehnice, poate fi utilizată ca treaptă de preepurare sau de epurare biologică, urmată de treapta de epurare aerobă, artificială sau naturală, dacă prin cercetări experimentale se dovedește că se poate aplica economic în condițiile climatice (temperatură) ale țării noastre.

În țara noastră, s-a adaptat utilizarea procedurii de fermentare anaerobă a nămolului, obținându-se o nouă sursă de energie, neconvențională „biogazul”, gaz combustibil care este compus din metan (CH₄) în proporție de 60-70%, bioxid de carbon (CO₂) în proporție de 30-40% și sub 1% H₂S și alte gaze.

Dintre toate aceste stații de epurare puse în funcțiune și care demonstrează avantajele reale ale utilizării biogazului, ne oprim la un singur exemplu, acela al unităților de îngrășare a porcilor de la Gropeni, județul Brăila. Dotată cu o instalație de fermentare anaerobă (biogaz) de 2×750 m³, volum de fermentare 1500 m³, aceasta realizează o producție de aproximativ 1600-2100 m³ biogaz/zi. Bineînțeles, această producție de biogaz se obține în condițiile unei exploatări normale impuse de condițiile tehnologice, conducând la un preț de cost convenabil pe m³ de biogaz și la economie de combustibil convențional de circa 500 tone/an. Prin aplicarea acestui procedeu de fermentare anaerobă a nămolului din stațiile de epurare, complexul de porci Gropeni de 60.000 capete/an a beneficiat numai în primele luni ale anului 1991 de o economie de energie ce însuma o valoare considerabilă.



Planșa 11 – V₁. Schema funcțională a instalației de producere a biogazului pentru complexe de creștere și îngrășare a porcilor – capacitate 2 x 750 mc



Planșa 11 – V₂. Schema funcțională a instalațiilor de producere a biogazului pentru complexe de creștere și îngrășare a porcilor – capacitate 2 x 750 mc

În prezent, la noi există opinii contradictorii cu privire la eficiența și necesitatea realizării acestor tehnologii, determinate de lipsa de receptivitate, dar și de informare la toate nivelurile, ceea ce explică și marile restanțe în execuția lucrărilor de construcții la aceste instalații și promovarea de noi obiective.

Arătăm faptul că și în alte țări din lume, deși nu dispun de unități de capacitate atât de mari pentru creșterea și îngrășarea animalelor cum erau cele de la noi din țară, sunt realizate și se promovează investiții pentru executarea instalațiilor de fermentare anaerobă a nămolurilor, în scopul arătat mai sus (de exemplu în R. Moldova la Orhu).

Față de importanța deosebită a problemelor legate de poluarea mediului înconjurător produsă de apele uzate și dejecțiile de la fermele și complexe zootehnice, este necesară prezentarea acestora pe cale ierarhică până la cele mai înalte foruri de decizie, pentru aprobarea programului de redresare a situației respective (după concluziile colectivului de elaborarea studiului – prof. V. Ionescu Sisești și colab.).

Exemplu de stație de epurare în N.E. țării, la Complexul de porcine Leorda-Botoșani¹⁾.

Suprafața luată în studiu (Il. Vrabie, 1998) este situată la granița dintre Podișul Moldovei și Câmpia Ji-jiei, în bazinul hidrografic Sitna superioară și aparține administrativ de complexul de creștere a porcilor

SUINPROD Leorda. Acest complex nu deține un sistem propriu pentru valorificarea la irigații a apelor uzate.

Bazinul hidrografic Sitna este sursă de aprovizionare cu apă a lacului de acumulare Cătămărăști, lac ce alimentează cu apă potabilă orașul Botoșani.

Relieful este frământat, cu versanți înclinați spre lunca Sitna, având pante până la 15%, folosințele agricole fiind arabil, pășune și livezi.

Suprafața agricolă care aparține complexului SUINPROD Leorda este de 1952,13 ha (la nivelul anului 1992), din care:

- ferma vegetală Leorda – 1073,93 ha;
- ferma vegetală Brăiești – 878,20 ha.

Ferma vegetală Leorda, după tipul folosințelor agricole pe grupe de pante, se prezintă în tabelul nr. 2.2:

Tabelul nr. 2.2. Suprafața fermei vegetale Leorda după tipuri de folosințe și grupe de pante

Pantă %	Arabil (ha)	% din total	Pășune (ha)	Livadă (ha)
P ₀ (0-5)	435,89	31,00	-	0,8
P ₁ (5-10)	112,50	46,50	-	-
P ₂ (10-15)	96,45	22,50	80,70	-

Majoritatea terenului arabil al SUINPROD Leorda se află pe un platou cu pante între 0-10%, dar fără procese de eroziune semnificative.

Ferma zootehnică SUINPROD Leorda are capacitatea totală anuală de 44000 capete porcine. În anul 1992 ferma deținea un efectiv de 24345 porcine, valoare redusă din cauza condițiilor economice.

¹⁾ Din teza de doctorat a d-nei Ileana Vrabie (1999 – Iași, conducător științific prof. dr. ing. V. Blidaru)

Colectarea și evacuarea dejecțiilor din cele 25 hale de producție se face astfel:

- tip hidraulic, cu canale cu grătare și pernă de apă;
- tip mecanic, cu racleți cu plan înclinat și tractor cu lamă.

Dejecțiile provenite din procesul de producție ajung gravitațional în stația de epurare a complexului, cu treaptă mecanică (pl. 12. și foto 1). Debitul maxim zilnic al stației este de $500 \text{ m}^3/\text{zi}$ și debitul maxim orar $20 \text{ m}^3/\text{h}$. După separarea fracțiilor solidă și lichidă, apa uzată este pompată în iazurile biologice (foto 2), iar fracția solidă în platforma de deshidratare cu filtre orizontale (foto 3).

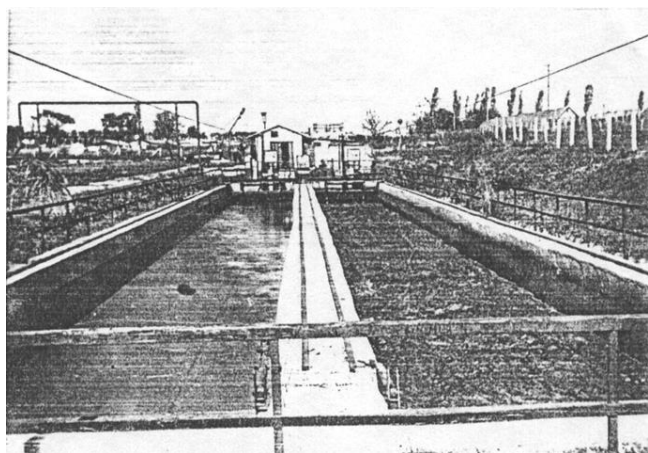


Foto 1. Decantor cu pod raclor

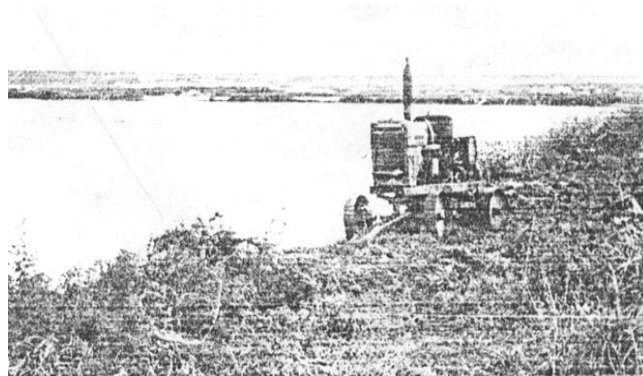
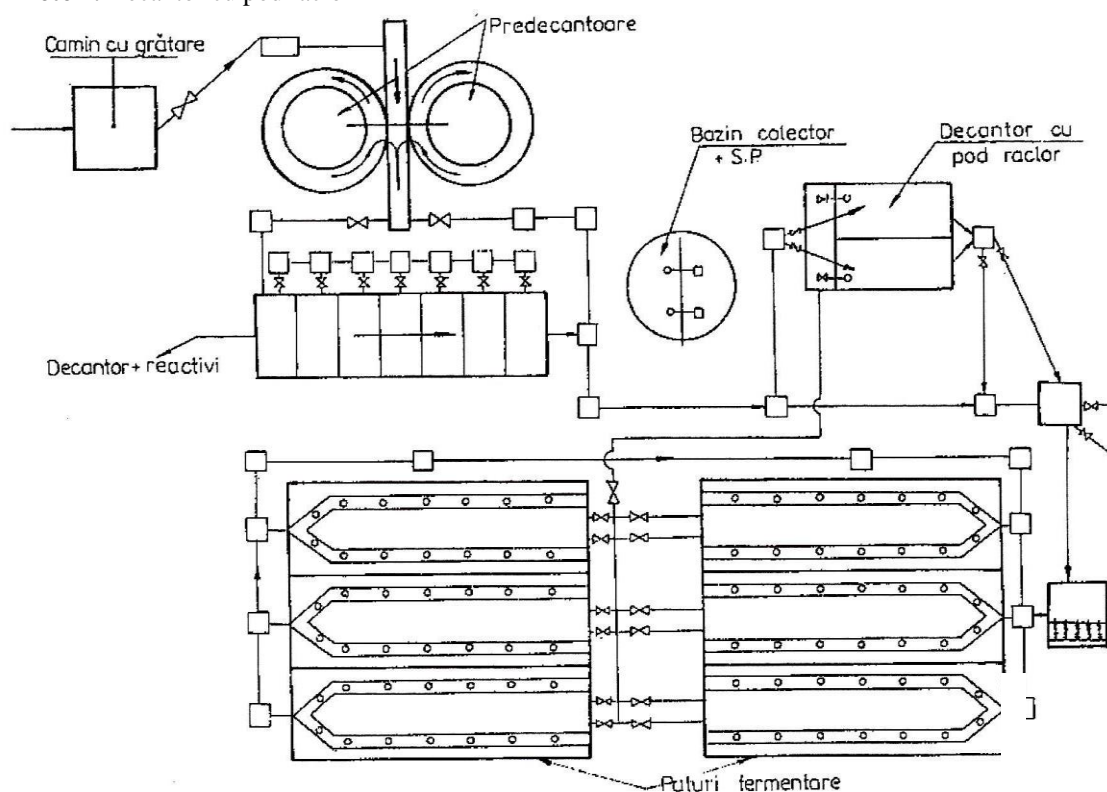


Foto 2. Iazuri biologice



Foto 3. Paturi fermentare



Planșa 12. Stația de epurare – Complexul de porci Leorda



Foto 4. Profil de sol

2.1.2. APELE UZATE ȘI NĂMOLURILE DE PROVENIENȚĂ ZOOTEHNICĂ ȘI MODUL DE VALORIFICARE ÎN AGRICULTURĂ

1° Cantități de apă brută și nămoluri din complexele de porci

Din procesul tehnologic de creștere a animalelor rezultă mari cantități de ape uzate și nămoluri (tab. nr. 2.3). Primul loc în privința volumului și a pericolului de poluare a mediului înconjurător îl ocupă crescătoriile de porci, urmate de crescătoriile de vite și de păsări.

Sistemele de evacuare a dejecțiilor și apelor uzate sunt – în funcție de tehnologia de creștere și îngrășare a porcilor, precum și de capacitatea adăposturilor:

- evacuare uscată;
- evacuare mecanică;
- evacuare hidraulică, care avea în vechile complexe extindere maximă, necesitând și prezența unei stații de epurare (vezi planșele nr. 1-11).

În comparație cu apele menajere brute rezultate din mediile rurale, apele uzate de la complexele de porci au încărcări în materii impurificatoare de circa 10-15 ori mai mari. Ca exemplu pentru *mediu rural*: materiile în suspensii ajung la 300-400 mg/l, iar materiile organice (COB₅) 200-300 mg/l, în timp ce-n complexele de porci materiile în suspensie au 4.500-8.000 mg/l, iar materiile organice 3000-6000 mg/l.

2° Valorificarea apelor uzate în agricultură, prin irigații¹⁾

Valorificarea apelor uzate și a nămolurilor rezultate prin deshidratare este larg răspândită în majori-

tatea țărilor dezvoltate. În prezent se utilizează diverse procedee de valorificare a apelor uzate și a nămolurilor, diferențiate prin gradul tehnic, efortul financiar și energetic, impactul asupra mediului etc.

Apele uzate rezultate din procesul tehnologic specific complexelor de creștere a porcilor prezintă valoare economică pentru producția agricolă, ca îngrășământ organic și ca apă de irigație.

Folosirea apelor uzate și a nămolurilor decantate are o importanță deosebită în menținerea și sporirea conținutului de humus al solului ca factor esențial în fertilizarea sa, ca sursă și rezervă de elemente nutritive. Totodată are rol de creștere a capacității de tamponare a solului și de folosire mai eficientă a îngrășămintelor chimice, de îmbunătățire a structurii și permeabilității pentru apă, cu efecte pozitive asupra calității lucrărilor agricole, de reglare a regimului termic, de intensificare a vieții microbiene cu efecte ameliorante asupra fenomenelor poluante și cu rol de biostimulator pentru toate procesele ce se petrec în sol.

Construirea unor stații de epurare biologică nu a rezolvat decât parțial problema epurării apelor uzate, mai ales când acestea nu funcționează la parametrii scontati, pentru a se permite evacuarea apei în emisar. Aceste stații au un consum mare de energie, cheltuieli mari de întreținere și, în plus, nu rezolvă problema utilizării produselor reziduale finale într-o manieră care să evite poluarea mediului.

Kutera (W. Gobjilă – 1985) consideră că prin renunțarea la construirea instalațiilor de epurare biologică artificială în favoarea irigațiilor cu ape uzate se poate realiza o substanțială reducere a investițiilor și a cheltuielilor de exploatare.

În urma diseminării pe sol, odată cu produsele reziduale, a germenilor patogeni, rezistența solului la poluarea biologică este afectată. Aceasta este în funcție de sol (structură, umiditate, pH), temperatură, cantitatea de precipitații, cantitatea de lumină solară, gradul de acoperire cu aparat foliar.

Distrugerea germenilor patogeni se realizează cu ajutorul florei microbiene proprii a solului, care are o acțiune antibiotică.

Bacteriile și microorganismele sunt reținute în primii centimetri de la suprafața solului și vor fi supuse acțiunii factorilor de mediu. Sub acțiunea microorganismelor se intensifică procesele de descompunere, permițând apariția unor produși de degradare favorabili dezvoltării vegetației. În aceste condiții solul trebuie ținut în condiții de aerobioză.

În straturile superficiale, unde se cantonează floara, care este supusă permanent radiațiilor solare, solul nu oferă condiții favorabile de temperatură și umiditate și nici raportul nutritiv necesar florei supraadăugate. În

¹⁾ Din teza de doctorat a d-nei Ileana Vrabie (1998 – Universitatea Tehnică Iași, conducător științific prof. dr. ing. Valeriu Blidaru

Tabelul nr. 2.3. Cantități de ape uzate și nămol rezultate din complexele de porci, pe module (în complexele anterioare descentralizării și privatizării agriculturii)

Nr. crt.	Modul tehnologic	Număr efectiv de porci/zi	Debit de ape uzate brute (m ³ /s)			Nămol			
			max. oră	max. zi	max. anual	Umiditate 95%		Umiditate 70%	
						m ³ /zi	mii m ³ /an	m ³ /zi	mii m ³ /an
1.	43.300 +11.500	30.200	60	680	248.200	84	30.660	16.80	6.132.0
2.	30.000	22.500	60	506	184.690	63.25	23.086.2	12.65	4.617.3
3.	20.000	15.800	60	356	129.940	44.5	16.242,5	8.90	3.248.5
4.	15.000	10.800	60	243	88.695	30.37	11.085.0	6.07	2.215.6
5.	10.000	8.800	30	198	77.270	24.35	9.033.75	4.95	1.801.4
6.	5.000	4.500	30	101.25	36.956.25	12.66	4.620.9	2.53	923.5

consecință, germenii patogeni dispar, mai exact, sunt distruși după un timp de supraviețuire în sol.

Cercetări efectuate cu bacterii marcate au arătat că solul reține pe primul centimetru de adâncime circa 90% din totalul bacteriilor, iar pe primul milimetru (62-64)% (W. Gobjilă, 1985). Specialiștii din S.U.A., prin cercetările efectuate în perioada 1955-1959, au demonstrat că, la 5 zile după irigație, majoritatea microorganismelor din apele uzate folosite nu mai sunt detectabile.

Jancavie arată, de asemenea, prin studii de parazitologie efectuate pe animalele crescute pe câmpurile irigate cu ape uzate că acestea nu au avut de suferit.

Sunt de remarcat, în acest sens, și concluziile consfăturii unionale de la Moscova, cu care ocazie, 50 de specialiști (igieniști, microbiologi, constructori, chimiști, agronomi etc.) au ajuns la concluzia că terenurile irigate rațional cu ape uzate dau, din punct de vedere sanitar și igienic, cel mai înalt grad de epurare (98-99%).

La noi în țară, cercetările efectuate la Căzănești au arătat că, în urma irigației cu ape uzate, leptospirele trăiesc în sol cel mult două ore, păstrându-și însă caracteristicile morfologice relativ normale doar 30 minute și că varianta de regim de irigare cu 300 m³/ha, la intervale de 15 zile, este optimă pentru procesele vitale din sol (ASAS și I.C.P.G.A., 1975).

Irigația cu ape uzate acoperă nu numai necesarul de **apă**, dar, într-o oarecare măsură, și necesarul de **substanțe nutritive**.

În țara noastră s-au făcut eforturi considerabile pentru valorificarea apelor uzate, existând în prezent o serie de soluții tehnologice care se aplică în practică. Aceste soluții au ca scop:

- reducerea gradului de poluare a mediului (aer, apă, sol);
- valorificarea prin irigații în agricultură;
- valorificarea energetică a nămolurilor prin ob-

ținerea biogazului, cu efect direct asupra reducerii consumului energetic;

- reducerii investițiilor necesare și a cheltuielilor de proiectare;

- reducerii consumurilor specifice de materiale de construcții energo-intensive.

La Periș, într-o experiență staționară timp de 4 ani, la porumb boabe, **irigația cu apă uzată decantată, după criteriul plafoanelui minim de umiditate a solului, a determinat o creștere foarte mare a producției**, de la 33,4 q/ha la 98 q/ha (1986).

De asemenea, în Anglia, Cavill menționează că irigarea cu ape uzate conduce la un spor de recoltă de circa 6 t/ha la culturile de cartofi.

Cercetările efectuate de către FA, IANB și SCCI Valu lui Traian asupra efectului fertilizării cu nămol la Căzănești și Valu lui Traian au arătat o creștere semnificativă a producției la: raigras, golomăț, sfeclă furajeră, porumb boabe, porumb siloz, sfeclă de zahăr, orz, grâu, soia, cânepă.

Experimentând pe soluri aluviale, cernoziom și brun roșcat, profesorul Vlad Ionescu-Sisești și colaboratorii arată că **la porumb, nămolul aplicat singur poate asigura sporuri față de cel nefertilizat cuprinse între 7 și 24 q/ha la doze de 10-30 t/ha**, în funcție de tipul de sol.

Ștefănescu E. și Ilona Brant, experimentând pe solul brun slab podzolit de la Oradea, au arătat că nămolul aplicat anual, în doze de 20, 30, 60 și 100 t/ha, asigură sporuri de producție la grâu de 0.4, 0.6, 3.4 și 2.3 q/ha (A.S.A.S., 1975).

Avantajele economice și sociale, ca rezultat al folosirii apelor uzate și a nămolurilor în agricultură, sunt concretizate prin:

- reducerea cheltuielilor pentru asigurarea apei de irigație, acolo unde precipitațiile, rețeaua hidrografică și aflusul de apă subterană sunt insuficiente (exemplu în estul țării);

- lărgirea ariei de răspândire a suprafețelor irigate prin apariția unei noi surse de apă, știut fiind faptul că aceasta reprezintă principalul factor limitativ în dezvoltarea amenajărilor de irigații;

- apele reziduale și nămolurile deshidratate obținute de la complexele zootehnice pot fi considerate un îngrășământ complex azoto-potasic, fosforic;

- elementele conținute în acest îngrășământ sunt ușor accesibile pentru plante;

- un avantaj esențial este cel referitor la sporurile

importante de recoltă ce se pot obține;

- se renunță la îngrășămintele chimice costisitoare și relativ greu de procurat;

- datorită alcătuirii granulometrice și a celorlalte proprietăți, la administrarea produselor reziduale, solul se comportă ca un adevărat sistem epurator, asigurând atât epurarea mecanică cât și cea biologică;

- se elimină pericolul de poluare a apelor de suprafață (emisari) în eventualitatea defectării treptei de epurare biologică sau a întreruperilor prelungite de curent electric;

- se asigură utilizarea unor importante cantități de ape uzate și nămoluri care, până de curând, erau puțin folosite datorită caracteristicilor poluante și a necesității unor investiții importante și a unor tehnici specifice de aplicare;

- realizarea unor economii importante prin renunțarea la stațiile de epurare biologică, ce presupun realizarea unor construcții și instalații cu deosebite cheltuieli de materiale, mari consumatoare de energie și destul de costisitoare în ceea ce privește cheltuielile de întreținere.

Pot apărea însă și **dezavantaje** atunci când: apa uzată sau nămolul fermentat sunt utilizate fără a se respecta normele de calitate sau cele tehnice de aplicare:

- substanțele fertilizante aduse de apa uzată pot conduce, în anumite condiții, la o dezvoltare vegetativă excesivă în detrimentul producției de boabe;

- dezvoltarea luxuriantă vegetativă a plantelor poate împiedica desfășurarea normală a activității biologice a solului, periclitànd astfel procesul de acumulare a humusului;

- în solurile irigate cu ape uzate, rezervele de azot nitric pot crește de 10-15 ori, cu riscul de a se acumula în apa freatică;

- în cazul solurilor cu textură grea pot apărea slabe procese de alcalizare și unele procese intense de salinizare;

- la valorificarea nămolului deshidratat ca îngrășământ organic, apare problema reducerii conținutului de umiditate din sol;

- din punct de vedere sanitar există pericolul contaminării personalului care manipulează produsele reziduale ca și a animalelor care consumă produsele obținute, dacă nu se iau măsurile de protecție necesare.

2.1.3. EVOLUȚIA IRIGAȚIEI CU APE UZATE

Săpăturile arheologice și documentele arată că, în unele orașe din antichitate, o parte din apele uzate erau folosite la irigații. Astfel, în Ierusalim, încă din

timpul lui Solomon (1082-975 î.e.n.), funcționa un sistem complet de asanare și folosire în agricultură a apelor uzate. Cu începerea din secolul al X-lea apar descrieri ale suprafețelor irigate cu ape uzate în Spania și Italia.

O recunoaștere a importanței valorificării apelor uzate în irigații apare la mijlocul secolului al XIX-lea. Totodată, dezvoltarea industrială și agricolă a societății a condus la creșterea volumului de deșeuri și ape uzate. Astfel, în anul 1845 se semnalează în Anglia primele instalații de epurare, iar în anul 1868 apar primele construcții ingineresti pentru amenajarea câmpurilor comunale de irigație, în zonele învecinate ale Parisului.

Actualmente, irigația cu ape uzate a devenit o tehnică uzuală în unele țări (Germania, Olanda, S.U.A. etc.), în care scop s-au pus la punct unele metode de udare și echipamente adecvate (W. Gobjilă, 1985).

În țara noastră, primele preocupări legate de problema apelor uzate s-au referit la protejarea emisarelor naturale. Astfel, dacă în anul 1944 existau numai 8 stații de epurare, dintre care numai cea de la Timișoara funcționa satisfăcător, în anul 1960 ele erau deja în număr de 400, iar în anul 1965 s-a ajuns la 918 stații de epurare față de 1246 surse de impurificare. Volumul total de ape uzate evacuate în cursurile de apă a fost de 2,97 miliarde m³, din care numai 1,45 miliarde m³, adică 49% din total, reprezentau volumul epurat. Măsurători și calcule destul de apropiate de realitate arată că la nivelul anului 1969 s-au evacuat pe această cale în râuri 18.500 t de acid sulfuric, 7.200 t de amoniac, 1.500 t de substanțe fenolice, 18.500 t de fibră lemnosă și celulozică, 27.000 t de produse petroliere și tot atâtea de cărbune praf, 8.000 t de metale grele și încă multe alte substanțe utile ca îngrășămintă chimice, insecticide, acizi și săruri diferite.

La nivelul anului 1970 volumul apelor uzate industriale și din localități era de 6 miliarde m³/an, iar numărul stațiilor de epurare era de 1.400, dintre care 94 pentru localități. În anul 1972 funcționau 2.000 stații de epurare.

Cu toate acestea, doar 3.500 km (aproximativ 19%) din lungimea cursurilor de apă erau considerați buni pentru a fi utilizați ca surse de apă potabilă sau pentru folosințe care cer o apă de calitate corespunzătoare.

Față de oricare metodă de epurare biologică artificială, folosirea apelor uzate la irigații, acolo unde condițiile o permit, reprezintă mijlocul cel mai economic de epurare.

În 1953 la I.C.A.R. (A.S.A.S.) a avut loc un prim simpozion din țară referitor la irigația cu ape uzate, la care V. Blidaru face comunicarea *Irigații cu ape uzate a*

grădinilor de zarzavat, aval de București, în lungul râului Dâmbovița.

Luptător pentru valorificarea apelor uzate în agricultură încă din 1955, W. Gobjilă a reușit să traducă în fapt primele amenajări de acest tip din țara noastră, adaptate la tehnica anilor 1960-1979. Tot în această perioadă, prof. I. Andreescu Cale întreprinde studii asupra posibilității de epurare și valorificare a apelor uzate orășenești și industriale pe cale agricolă. Cercetări efectuate de R. Mândru – începând cu anul 1961 – cu privire la apele uzate ale Dâmboviței, după decantare, au arătat că acestea pot satisface necesarul de îngrășămintă pentru diferite culturi, conform datelor din tabelul nr. 2.4.

Tabelul nr. 2.4. Necesarul de îngrășămintă pentru diverse culturi (conținut în apele uzate ale Dâmboviței)

Cultură	Conținutul de:	
	Azot [%]	Fosfor [%]
Porumb	14,1	4,8
Sfeclă	14,1	4,6
Lucernă	8,5	4,3
Orez	90,6	13,8

Pe de altă parte, nămolul decantat, după o perioadă de uscare de șase luni, are un conținut de substanțe fertilizante de aproximativ 14,5 mg% P_2O_5 și 115,92 mg% N.

Trebuie menționat și faptul că, de mult timp, în zonele rurale, țărani aplicau și aplică, pe terenul ocupat de fânețe, pășuni și chiar la culturi de câmp, partea lichidă a dejecțiilor provenite, în special, de la creșterea vitelor.

Cercetări sistematice în acest domeniu au fost întreprinse de Universitatea Agricolă „Nicolae Bălcescu”, Academia de Științe Agricole și Silvicultură, ICCPT Fundulea, ICITID Băneasa, ISPIF București, 1992 etc.). Acestea s-au finalizat în elaborarea unor norme și metodologii de proiectare, execuție și exploatare a tehnicilor de valorificare în irigații a apelor uzate provenite de la fermele de creștere a animalelor.

2.1.4. SOLURILE PRETABILE PENTRU IRIGAREA CU APE UZATE

Deoarece elementele tehnice ale udării sunt direct influențate de criteriile pedologice, au fost stabilite șase clase ameliorative de terenuri, în funcție de pretabilitatea pentru amenajarea la irigat. Aceste clase de soluri stabilesc restricțiile sau necesitatea unor lucrări în amenajarea teritoriului și oscilează în limitele soluri foarte bune pentru irigat și soluri improprie pentru irigat.

În România, alegerea terenurilor ce urmează a fi irigate cu produse reziduale lichide se face respectând

criteriile care urmează (Buletin informativ nr. 5-8/1986):

Panta terenului: sunt excluse de la irigarea cu produse reziduale lichide terenurile a căror pantă depășește 8%.

Textura solului: terenurile cu textură nisipoasă sau nisipo-lutoasă sunt excluse de la irigarea prin scurgere la suprafață, dar pot fi irigate prin aspersiune dacă apa freatică este la o adâncime mai mare de 3 m; terenurile cu textură argiloasă sunt excluse de la irigarea prin scurgere la suprafață, dar pot fi irigate prin aspersiune dacă se găsesc într-o zonă cu deficit de umiditate de peste 150 mm. Se exclud de la irigarea cu ape uzate vertisolurile.

Permeabilitatea solului: sunt excluse de la irigarea prin scurgere la suprafață terenurile ce au o viteză de infiltrație determinată cu rama Kacinski sub 5 mm/oră și mai mare de 70,7 mm/oră. De asemenea, se exclud de la irigarea prin aspersiune terenurile cu viteza finală de infiltrație mai mică de 2,0 mm/oră.

Nivelul apei freactice: se exclud de la irigarea prin scurgere la suprafață terenurile cu apă freatică aflată la o adâncime mai mică de 2 m. Se exclud complet de la irigare terenurile cu apă freatică sub adâncimea de 1 m. Nivelul apei freactice considerat este nivelul cel mai ridicat, întâlnit în timpul unui an, pe profilul de sol.

Clasa de salinizare: solurile afectate de salinizare pot fi irigate numai după ameliorare.

Clasa de solonețizare: apele uzate pot fi folosite la ameliorarea și irigarea terenurilor solonețizate, respectându-se necesitățile de ameliorare.

Conținutul de schelet: terenurile care au un conținut de schelet:

- sub 25% – se acceptă fără restricții;
- (25-50)% – udare prin brazde scurte sau aspersiune;
- (50-75)% – udare numai prin aspersiune și apă freatică la o adâncime ≥ 3 m;
- peste 75% – se exclud.

Profundimea totală a solului pretabil: trebuie să fie mai mare de 1 m până la stratul de nisip, pietriș, bolovăniș și mai mare de 1,5 m până la roca dură sau argila compactă.

Excedentul de precipitații: terenurile care au excedent de precipitații peste 50 mm se irigă cu ape uzate numai dacă viteza de infiltrație (determinată cu rama Kacinski) este de peste 20 mm/oră.

Micorelieful: trebuie să fie uniform, să nu necesite la nivelare deplasări de pământ în cantități de peste 600 m³/ha. Pe terenurile cu pantă redusă și cu micorelief frământat se admite depășirea volumului de 600 m³/ha, cu condiția justificării tehnice și economice.

Volumul edafic: se exclud de la irigarea cu ape

uzate solurile cu volum edafic mic și foarte mic (mai mic de 58%).

Protecția mediului: pentru evitarea poluării apelor freactice (ce pot fi folosite drept captări de apă potabilă sau industrială), distanța minimă de amplasare a amenajărilor va fi 1.000 m în amonte și 500 m în aval, după sensul de curgere a apei freactice. Pentru evitarea poluării atmosferei, distanța minimă față de zonele de agrement trebuie să fie de 1.000 m

2.1.5. REGIMUL DE IRIGARE CU APE UZATE

În actuala metodologie de proiectare, pentru stabilirea normei de irigație, sunt prevăzute trei zone specifice țării noastre, diferențiate funcție de temperatura medie anuală (Bălan St. 1979):

- zone cu temperaturi medii anuale peste 10° C și norme de irigație cu valori de 700-800 m³/ha/an;
- zone cu temperaturi medii anuale între 8 și 10°C și norme de irigație cu valori de 600-700 m³/ha/an;
- zone cu temperaturi medii anuale sub 8 °C, unde normele de irigație au valori de 400-600 m³/ha/an.

Într-un sistem local de irigație cu apă uzată nediluată, apar diferite restricții și facilități după cum urmează:

- în zonele A, D și E (fig. 2.2) extinderea perioadei de funcționare a sistemului este de 9 luni (1 martie – 30 noiembrie), iar în zonele B și C de 7 luni;
- norma de udare este variabilă, în funcție de textura solului: 400-500 m³/ha pe solurile grele și foarte ușoare și 700-800 m³/ha pe solurile mijlocii;
- aplicarea unei singure udări într-o lună și a cel mult 5 udări într-un an, astfel încât să nu se depășească o normă de irigație de 2.000 m³/ha la culturile cu cel mai mare consum de apă;
- irigarea cu ape uzate decantate este discontinuă pe același teren (cu revenire la 2 ani), în scopul evitării pericolului sărăturării solului (ISPIF, 1992).

În scopul evitării fenomenului de oboseală al solului, la Baza Experimentală Periș (ISPIF, 1992), s-a introdus distribuția apei uzate nediluate o dată la 2 ani pe aceeași suprafață, în cadrul unui asolament dublu, cu distribuția alternativă a apei uzate, ceea ce duce la dublarea normei de irigație anuale, norma de irigație pe asolament rămânând aceeași.

Avantajele distribuirii apei uzate la intervale de doi ani sunt următoarele:

- asigurarea unor cantități mai mari de elemente nutritive în sol pentru plante ;
- satisfacerea în mai mare măsură a necesarului de apă al culturilor în amenajările fără sursă de apă curată;

- evitarea evoluției defavorabile a calității prin reducerea permeabilității și prin salinizare;
- simplificarea exploatării terenului în condiții de irigare, aplicarea udărilor fiind organizată numai pe ½ din suprafață;
- reducerea corespunzătoare a echipamentului necesar pentru aplicarea udărilor.

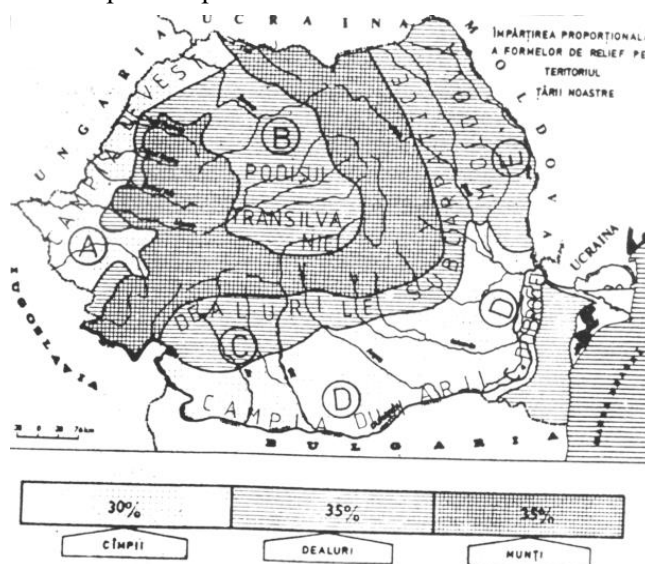


Fig. 2.2. Zone pedoclimatice

Produsele reziduale pot fi aplicate pe terenurile agricole sub formă lichidă, semilichidă și solidă. Când produsele sunt aplicate în fiecare an, factorul cel mai important, care determină mărimea dozelor, este azotul. Azotul total, N_t , se compune din:

$$N_t = N_s + N_c + N_v + N_d + N_l + N_e \text{ [kg/ha]} \quad (1)$$

unde:

- N_s = azotul disponibil din sol;
- N_c = necesarul de azot al culturii;
- N_v = azotul pierdut prin volatilizare;
- N_d = azotul pierdut prin denitrificare;
- N_l = azotul pierdut prin levigare;
- N_e = azotul pierdut prin scurgeri la suprafață.

Azotul se poate pierde prin: spălare de pe profilul de sol (aceste pierderi vor fi mai mici dacă reziduurile sunt aplicate la începutul sezonului de creștere a culturilor), prin volatilizare și prin denitrificare, de obicei, în concordanță cu lipsa de oxigen din sol.

Denitrificarea variază cu tipul de gospodărire a reziduurilor, cantitatea de precipitații, irigația și cantitatea de materie organică a solului de diferite texture. Cantitatea de azot pierdută prin levigare și prin scurgere la suprafață și denitrificare este în jur de 35% (ISPIF, 1992).

Procesul de mineralizare a materiei organice din produsele reziduale este mai rapid în primul an de aplicare și scade în următorii ani. Astfel, 35% din azot devine accesibil în primul an, 15% în anul doi, 10% în

anul trei, 5% în anul patru, iar restul în următorii ani.

Un alt parametru deosebit de important în stabilirea dozelor de reziduuri îl constituie conținutul acestora în săruri solubile. Nivelul de salinitate, N_i , acceptat în sol este în funcție de toleranța la salinitate a culturilor (tabelul nr. 2.5).

Tabelul nr. 2.5. Nivelul de salinitate acceptat în sol

Capacitatea	Salinitate coborâtă	Salinitate medie
teren ușor	1,4	2,9
teren mediu	1,1	2,3
teren greu	0,9	1,8

Pentru solurile cu textură ușoară, medie sau grea, pentru a menține un nivel de salinitate coborâtă ($C_u \leq 4 \text{ mmhos/cm}$)

$$N_i = \frac{14}{C_u - K} \quad (2)$$

iar pentru a menține un nivel de salinitate medie ($C_u \leq 6 \text{ mmhos/cm}$):

$$N_i = \frac{32}{C_u - K} \quad (3)$$

Diluția, D , în condițiile proprii fiecărui complex de porci, poate fi calculată cu formula:

$$D = \frac{C_u - K}{K - C_i} \quad (4)$$

unde:

C_u - conductibilitatea electrică a apei uzate [mmhos/cm];

C_i - conductibilitatea electrică a apei de irigații [mmhos/cm];

K - caracteristică indicând praguri de salinitate exprimate prin conductibilitate electrică pentru diverse tipuri de soluri [mmhos/cm].

În cazul când conductibilitatea electrică a apei uzate este prea mare și nu poate fi găsit factorul de diluție, apa uzată va fi aplicată numai în doze reduse (maximum $500 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$). Cercetările efectuate de IANB indică maximumul normei de irigație cu ape uzate la $1.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ pe solurile grele și $1.200-1.500 \text{ m}^3/\text{ha}$ pe cele medii și ușoare.

Doza de reziduuri solide: după o perioadă de 6 luni de la separarea lui de apa reziduală, nămolul poate fi considerat ca necontaminat cu germeni patogeni și poate fi folosit pentru fertilizare (FZ și FMV – Timișoara și ICVB Pasteur, I.C.P.G.A., 1975).

Dozele excesive de nămol și repetate an de an pe aceleași teren pot avea o influență defavorabilă asupra capacității de producție a solurilor, mai ales în cazul solurilor cu permeabilitate redusă. La doze raționale, de $10-30 \text{ t/ha}$ nămol parțial deshidratat ($50-60\%$ umiditate), aplicate la un interval de minimum 2 ani, însuși-

rile fizice și hidrofizice ale solului se îmbunătățesc.

Nămolul porcin poate fi aplicat la culturile anuale la intervale mai îndepărtate (2-3 ani), cu excepția cartofului, la care poate să se administreze anual. Terenul destinat culturilor furajere perene poate fi îngrășat cu nămol porcin numai în anul de înființare a culturii.

Doza de reziduuri semilichide: deoarece gunoiul semilichid de la porcine disponibilizează foarte rapid azotul, la nivele ce depășesc nevoile culturilor, o măsură de bază în această direcție o constituie limitarea și diferențierea dozelor pe culturi și pe soluri. Cercetările efectuate de V. Jurubescu arată că o doză de $50 \text{ m}^3/\text{ha}$ dejectii proaspete de porc satisface necesarul de azot al porumbului, pentru cerealele de primăvară este suficientă o doză de $20 \text{ m}^3/\text{ha}$, iar pentru graminee furajere o doză de $75 \text{ m}^3/\text{ha}$.

2.1.6. TEHNICI DE IRIGARE CU APE UZATE. TEHNICI DE DISTRIBUȚIE A APEI

Aceste sisteme se stabilesc în funcție de posibilitatea asigurării apei convențional curate pentru diluție și ele pot fi:

- sisteme de distribuire a apei uzate decantate nediluate;
- sisteme de distribuire a apei uzate decantate diluate, prin intermediul unei amenajări de irigații proprii sau prin aplicarea acestora în cadrul unui sistem de irigație din zonă.

1° Irigarea prin aspersiune

Sistemele de irigații prin aspersiune sunt indicate în următoarele situații:

- pe terenuri cu relief frământat, unde nivelarea este excesiv de scumpă;
- pe terenuri cu permeabilitate mare;
- pe terenuri fără vegetație;
- când sunt folosite numai instalații de irigații speciale, pentru evitarea manevrelor manuale;
- când încărcarea hidraulică este menținută la debit mai mic decât debitul de infiltrație în sol.

Irigarea prin aspersiune prezintă avantajul mecanizării și automatizării mai depline a procesului de exploatare, dar are dezavantajul poluării cu aerosoli bacteriologici și a contactului apei uzate cu partea aeriană a plantelor.

2° Irigarea prin brazde

Aplicarea metodei de udare prin brazde, cu folosirea apei uzate diluate sau nediluate, se deosebește de udarea clasică cu apă convențional curată, prin

prisma unor parametri specifici. Irigarea prin brazde prezintă avantajul contactului redus cu planta, nu este influențată de vânt, necesită o zonă mică de protecție și apa uzată se poate administra fără a fi necesară diluția, în cazul plantelor ce nu vin în contact direct cu apa.

În scopul prevenirii poluării solului și apelor freatice, se impune ca distribuirea apei uzate pe teren să se facă cât mai uniform și fără pierderi, prin percolare sub stratul radicular al plantelor sau pe la capătul aval al brazdelor.

Elementele tehnice ale udării prin brazde se stabilesc în funcție de micrografia terenului, proprietățile fizice și hidrofizice ale solului și condițiile hidrogeologice.

3° Irigarea prin rampe perforate

Metoda de udare prin tuburi perforate și brazde de infiltrare oferă o serie de **avantaje** în comparație cu metodele clasice, enumerate anterior, cum ar fi:

- folosirea unui volum redus de apă, care poate fi asigurat de producția de apă uzată și care contribuie la micșorarea pericolului de poluare a solului, aerului și apei subterane;
- debitele și presiunile de serviciu, reduse ca valoare, contribuie la micșorarea consumului energetic;
- reducerea riscului sanitar la manipularea apei uzate datorită circuitului hidraulic închis, prin care este realizată rețeaua de irigație;
- brazdele de infiltrare, cu secțiuni minime și lungimi reduse prin compartimentare, diminuează efectul de poluare a mediului;
- echipamentul de udare, de tip fix sau mobil, este executat din materiale rezistente la acțiunea agresivă a apei uzate;
- metoda de udare se pretează în condițiile unui teren plan sau pe un teren cu pantă mică și medie, cu o variație uniformă și parțial uniformă a microreliefului.

4° Irigarea prin inundare în afara perioadei de vegetație

Această metodă prevede amenajarea unor parcele de inundare, care au dimensiuni în plan de 100 x 200 m și sunt delimitate de diguri de pământ cu înălțimea de 0,5 m și taluz cu pantă 1: 3 (I.C.I.T.I.D., 1990).

Parcelele se realizează după eliberarea terenului de culturile păioase, iar apa este distribuită în lunile august, septembrie și octombrie. Pentru a evita efectul negativ al stagnării apelor uzate, care duce la creșterea azotului amoniacal, creșterea bruscă a pH-ului, a excesului de umiditate și a conținutului de săruri minerale, metoda trebuie aplicată numai pe soluri pretabile la acestea.

Din experimentările efectuate la COMTIM Begeșău, care a aplicat această metodă cu norme de irigare de 4.000 m³/ha, s-a constatat creșterea producțiilor agricole (față de suprafețele neirigate), dar pe ansamblu, metoda nu a dat rezultate din cauză că a fost aplicată pe un sol necorespunzător și cu apă freatică la adâncime mică.

5° Stocarea apelor uzate în iazuri biologice

Această soluție se recomandă pentru complexele de creștere și îngrășare a porcilor care nu au bazin de stocare sau chiar stații de epurare. Soluția constă în amenajarea unor iazuri (fig. 2.3), în care să fie deversate dejecțiile dacă complexul nu are stație de epurare, sau numai faza lichidă, dacă complexul are stație de epurare care funcționează.

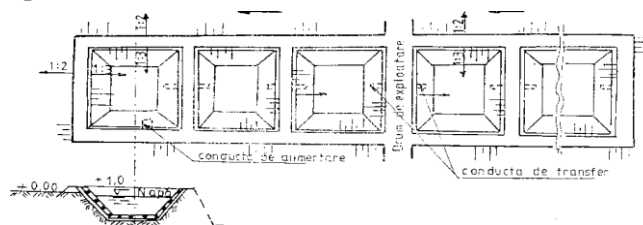


Fig. 2.3. Schemă iazuri biologice

Iazurile vor avea dimensiuni în plan 100x200 m, diguri cu înălțimea de 1 m și panta taluzului 1:3. După infiltrarea apei în sol și uscarea fazei solide, vor fi sparte digurile, iar terenul nivelat, după care va intra în circuitul agricol. Această soluție prezintă dezavantajul scoaterii din circuitul agricol a unei suprafețe, dar prezintă avantajul eliminării stației de epurare și a bazinului de stocare. Atât soluția de inundare în parcelă, cât și cea a iazurilor biologice prezintă avantajul eliminării echipelor de udători și a echipamentelor de udare, contribuie la respectarea normelor de protecție a muncii prin evitarea contactului personalului cu apa uzată.

2.1.7. ECHIPAMENTE DE UDARE PENTRU APA UZATĂ ȘI SCHEME DE AMENAJARE

1° Echipamente românești¹

Echipamentele de udare cu apă uzată nu diferă de cele folosite la irigarea cu apă convențional curată decât sub aspectul cantității la unitatea de suprafață în cazul mutării manuale, din motive de protecție sanitară. De asemenea, echipamentele trebuie să fie construite din materiale necorozive, ușoare, să se manevreze cu ușurință, să nu se colmateze cu material solid din apa

¹ În ultimii ani au început să se realizeze la noi în țară (ex. IRIDEX), echipamente similare celor străine (BAUER, VALLEY etc.)

de irigare. Timpul de staționare pe o poziție de udare trebuie să fie cât mai mare, pentru a avea cât mai puține demontări, mutări și montări.

1) Echipamente de udare prin brazde

Echipamentele de udare cu ape uzate, folosite în țara noastră, sunt cele de tip **EUBA-150T** și **EUBA-150TM**. Acestea au fost experimentate la **ICITID Băneasa – Giurgiu** și sunt produse de **IMA Balș**.

Echipamentul este format din conducte de transport și de udare din aluminiu, cu diametrul de 150 mm și lungimea de 6,18-6,58 m, prevăzute cu cuplaj rapid cu garnitură de etanșare hidraulică din cauciuc și un sistem de rulare. Conductele de udare sunt prevăzute cu orificii de distribuție a apei, reglate manual.

Debitul de alimentare este de circa 25-30 l/s, iar debitul orificiului complet deschis este de 1-3,5 l/s. Numărul tronsoanelor active ale conductei de udare trebuie să fie mai mic de 15, pentru a se realiza o distribuție uniformă a debitelor.

2) Echipamente pentru aspersiune

Pentru udarea prin aspersiune se recomandă echipamentul din conducte de aluminiu cu diametrul de 4" și cu tracțiune mecanizată. În cazul echipamentelor cu mutare manuală sau mecanizată, problema cea mai importantă este alegerea tipului de aspersor și a duzelor pretabile.

Tipurile de echipament folosit la mutarea manuală sunt cunoscute sub denumirile **II A** și **IIAM**. În scopul adaptării la mutarea mecanizată și folosirea aspersoarelor mari, de tip **ASM-1**, **ASM-2** și **ARS-3**, pe capătul tronsoanelor au fost sudate două urechi de prindere. Schemele de lucru sunt determinate de caracteristicile tehnice ale aspersoarelor folosite.

Pentru mutarea mecanizată sunt omologate trei tipuri de instalații:

- instalația **IATL** – cu tractare longitudinală (în variantele **IATL-312/101**, **IATL-400/101**, **IATL-400/127** și **IATL-222/12**);

- instalația **IAT 300 (400)** – concepută pentru culturile cu port redus, autopropulsantă și echipată cu aspersoare **ASJ-1M** și **ASM-2**;

- instalația **IATF 300 (400)** – destinată culturilor cu port înalt, este o mașină autopropulsantă, care se caracterizează prin fiabilitate mare în exploatare.

Atunci când instalațiile de tip **IATF** sunt folosite la aplicarea pe teren a apelor uzate, trebuie să fie echipate cu turbină pentru acționarea tamburului. Nu poate fi utilizat motorul hidraulic cu burduf deoarece din cauza suspensiilor existente în aceste ape se blochează circuitul hidraulic de comandă.

Atunci când sunt folosite pentru irigat apele uzate, se recomandă alegerea aspersoarelor cu duze mari ($\varnothing > 22$ mm), care exclud posibilitățile de înfundare pe parcursul funcționării.

Aspersorul ASJ-1M, cu duzele de 7 și 7,5 mm, reclamă numai ape uzate în diluție, la presiune de 2,5-4 daN/cm², pe toate tipurile de sol. Duzele de 6 mm pot fi folosite în cazuri extreme, doar pentru apele uzate la care raportul de diluție este de 1/10 – 1/15.

Aspersorul ASM-1, cu toată gama de duze (8; 8,5; 9; 10; 11; 11,5), având presiunea de 2,5-4 daN/cm², se recomandă pe solurile mijlocii și ușoare.

Aspersorul ASM-2, cu presiuni de 4-5 daN/cm², se recomandă pe solurile permeabile, la culturile și în fazele cu rezistență mecanică ridicată.

Aspersorul ARS-2, cu duze de 18 și 20 mm, echipează instalația **IATF-300** și se folosește la presiuni medii de 4-5 daN/cm², pe solurile permeabile.

Pentru ape uzate, se află în studiu la **ICITID Băneasa-Giurgiu** un aspersor cu duze din cauciuc, având posibilități de autodesfundare.

3) Echipamente pentru împrăștierea și încorporarea dejectiilor în sol

În cazul când nu există sisteme de irigații amenajate, dejectiile pot fi împrăștiate direct pe suprafețele agricole, folosind remorci cu autoîncărcătoare și cu volumul cisternei de 5 m³. Diametrele ajutoarelor de împrăștiere sunt de 65, 70 și 75 mm, pentru o productivitate de 40-70 t/ha. Remorcile sunt produse de **I.M.A. Arad**.

Echipamentele pentru încorporat dejectiile în sol realizează o adâncime de scarificare de 25 cm, la o distanță dintre organele de scarificare de 70 cm și o viteză de lucru de 4-6,5 km/h.

Din cadrul aceluiași utilaje face parte și remorca cu cisternă **RC 8**, utilizată la transportul apei sau la vandanarea foselor și împrăștierea pe câmp a dejectiilor. Utilajul se compune dintr-o cisternă de 8.000 l, care poate fi din metal sau din **POLSTIF**.

2° Echipamente străine

O preocupare de larg interes pentru cercetătorii din țările cu o agricultură dezvoltată o reprezintă administrarea apelor uzate zootehnice pe terenurile agricole. Ca urmare a acestor cercetări, s-au realizat instalații și echipamente de udare mecanizate și autodeplasabile, eliminând contactul omului cu apele poluante. Dintre aceste instalații amintim:

1) Instalații cu pivot central:

1. VALLEY (USA) – cu funcționare la presiuni medii sau cu echipament de joasă presiune și aspersoare de tip **RAIN BIRD**;

2. BAUER-CENTERSTAR (Austria);

3. ELECTROMATIC (Iugoslavia) – este o instalație cu mișcare circulară în ambele direcții și funcționare programabilă;

2) Instalații cu tambur și furtun

1. RAINSTAR-BAUER (Austria) – cu dispo-

zitive de pulverizat cu duze mari, pretabile la administrarea dejecțiilor brute;

2. ROTMAT TURBOMAT (Ungaria);

3. LONG (USA);

4. SIGMA (Cehia).

3° Echipamente de udare pentru metoda localizată

Ca și în cazul instalațiilor de udare clasice, acestea pot fi de tip fix, semifix și mobil. În literatura de specialitate se menționează că, în cazul udării localizate prin tuburi perforate, majoritatea instalațiilor sunt de tip fix, în foarte rare cazuri acestea fiind de tip semifix. Alegerea tipului de instalație se face după natura culturii și considerente de ordin economic.

Echipamentul de udare are o structură constructivă asemănătoare cu cel folosit pentru udarea la suprafață, dar cu diferențieri în privința dimensiunilor geometrice și ale materialelor folosite. Este format din conducte de distribuție, conducte de udare, dispozitive de distribuție, armături de reglare și control, instalații de îmbunătățire a calității apei etc.

4° Scheme de amenajare, cu încărcături admisibile și diferite calități de ape uzate (diluante și nediluante)

Parametrii luați în considerare, la administrarea apelor uzate decantate, sunt în principal, următorii:

- calitatea apei uzate folosite ca apă de irigație;
- suprafața fermei;
- durata de stocare în timpul nefavorabil;
- modul de distribuție a apei uzate ca apă de irigație;
- încărcătura la hectar;
- tehnica de irigare cea mai potrivită;
- măsuri de protecție igienico-sanitare.

În ceea ce privește mărimea suprafeței ce urmează a fi irigată cu apă uzată decantată, aceasta se dimensionează (tabelul nr. 2.6) în funcție de:

- cantitatea totală anuală de dejecții;
- volumul admisibil de dejecții pe unitatea de suprafață.

Administrarea apelor uzate decantate pe terenurile agricole este prezentată în literatura de specialitate în două variante principale (după ISPIF).

Varianta 1 – Distribuția apei uzate decantate, diluată cu apă convențional curată

Această variantă se aplică, de regulă, în cazul amplasării suprafeței în interiorul unui sistem de irigații existent, unde se poate obține diluția apei uzate cu apă convențional curată; se acceptă un raport minim de diluție cu valoarea 1:5.

Tabelul nr. 2.6. Mărimea suprafeței fermei vegetale în funcție de mărimea complexului de porci (după ISPCAIA)

Efective anuale de porci	Suprafața (ha) criteriu	
	Încărcătură porci/ha	Doze apă uzată și nămol la hectar
150.000	1.500	$1.200 + 585 = 1.785$
60.000	600	$470 + 235 = 715$
45.000	450	$240 + 145 = 385$
30.000	300	$240 + 117 = 357$
15.000	150	$100 + 60 = 160$

Varianta a 2-a – Distribuția apei uzate decantate brute (fără diluție)

Această variantă se aplică în cazul în care terenul este situat în afara unui sistem de irigații existent sau nu există nici o sursă de apă convențional curată pentru diluție. În acest caz, se amenajează un sistem propriu de distribuție a apei uzate decantate nediluate. Prin această variantă se asigură, parțial, deficitul de apă al plantelor și fertilizarea terenurilor.

La administrarea pe terenurile agricole, volumul de apă uzată decantată nediluată trebuie să fie în funcție de următorii factori:

- textura solului;
- nivelul apei freatice;
- drenajul natural al terenului;
- conținutul în azot al apei uzate;
- necesarul de azot al culturilor;
- cerințele pentru apă ale culturilor.

Limita maximă admisibilă la hectar, în literatura de specialitate, este cantitatea de dejecții produsă de 10-15 porci. În țara noastră se admite, în mod arbitrar, mărimea încărcăturii de dejecții până la 100 porci/ha, atunci când sunt distribuite sub formă de apă uzată decantată și sub formă de nămol (Buletin informativ nr. 5-8/1986).

Terenurile irigate cu ape uzate nediluate trebuie irigate în mod alternativ, în fiecare an pe jumătate din suprafață. Terenurile irigate cu ape uzate diluate pot fi irigate în fiecare an pe toată suprafața, însă în doze variabile pe sole, în funcție de regimul de irigare a diferitelor culturi (V. Ionescu-Sisești, 1982).

ISPIF București a conceput o serie de scheme de amenajare a terenurilor agricole în scopul aplicării irigațiilor cu ape uzate provenite de la complexe zoo-tehnice (fig. 2.4, fig. 2.5).

Aceste scheme cuprind:

- stație de pompare ape uzate decantate și stocate;
- bazin de stocare;
- rețea de conducte îngropate pentru distribuția apei;

- echipamente de udare specifice amenajărilor pentru udarea prin brazde sau aspersiune;
- puțuri hidrogeologice și alte construcții și instalații, necesare pentru urmărirea comportării lucrărilor în timpul exploatarei;
- lucrări pentru alimentarea cu energie electrică a stației de pompare.

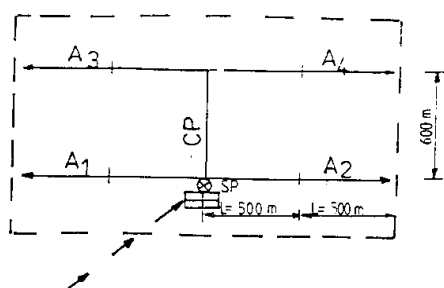


Fig. 2.4. Schema amenajării pentru distribuția apelor uzate diluate cu câmp de distribuție

- → → Conductă refulare de la SP decantor
- ▢ Bazin de stocare
- ⊗ Stație de pompare ape uzate
- - - - - Rețeaua de conducte a plotului de irigație cu apă convențional curată
- Conductă de distribuție pentru apă uzată
- ▭ Suprafața câmpului de distribuție

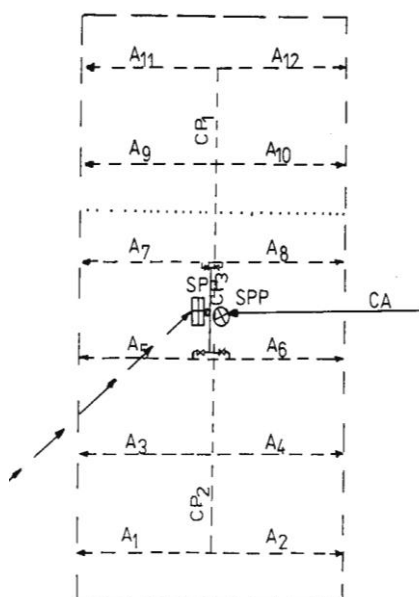


Fig. 2.5. Schema amenajării pentru distribuția apelor uzate nediluate

- → → Conductă refulare de la SP decantor
- ▢ Bazin de stocare
- ⊗ Stație de pompare ape uzate
- Conductă de distribuție (antena)
- Conductă principală

În figura 2.6, se prezintă și schema hidrotehnică a câmpului experimental Leorda, realizat de d-na dr. ing. Ileana Vrabie, în cadrul cercetării pentru doctoratură (1998).

Organizarea experiențelor pe parcele este următoarea:

- Parcela 1: udare prin brazde lungi cu secțiune triunghiulară;
- Parcela 2: udare prin brazde scurte;
- Parcela 3: udare localizată prin rampe perforate și brazde de infiltrare ;
- Parcela 4: udare prin aspersiune;
- Parcela 5: udare prin brazde lungi cu secțiune parabolică;
- Parcela 6: udare prin brazde scurte transversale;
- Parcela 7: udare prin rampe perforate și brazde de infiltrare.

În funcție de condițiile de teren și alți factori aleatori, dispunerea experiențelor s-a modificat de la un an la altul.

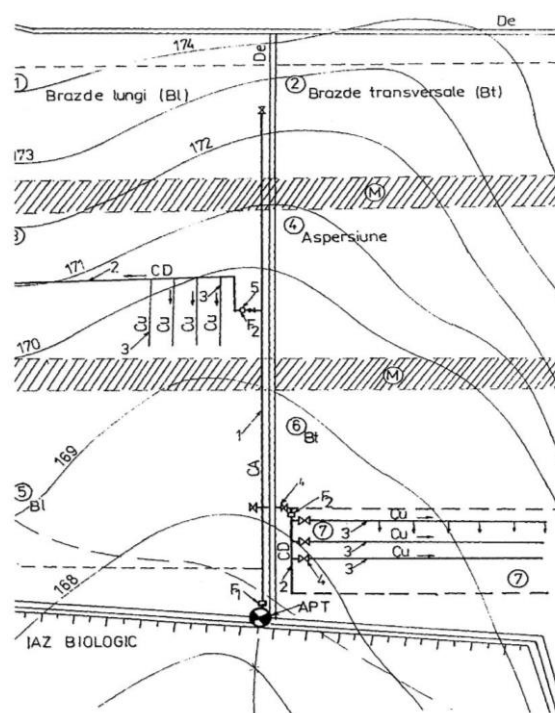


Fig. 2.6. Schema hidrotehnică a Câmpului experimental Leorda: 1 – conductă de alimentare; 2 – conductă de distribuție; 3 – conductă de udare; 4 – robinet; 5 – filtru

2.2. PROBLEMA APELOR UZATE ȘI A DEȘEURILOR DIN CENTRELE POPULATE RURALE-SATE. PROTECȚIA MEDIULUI PRIN MĂSURI HIDRAULICO-AGRARE

Când peste 60% din populația țării activează și locuiește la sate, în mediul rural, problema „apelor uzate și a deșeurilor” capătă dimensiuni și valențe sociale și

tehnico-economice considerabile.

În ultimii ani, în special după anul 2000, s-a pornit un program apreciabil de alimentare centralizată cu apă a satelor, îndeosebi prin SAPARD, însă canalizarea, colectarea, epurarea și chiar valorificarea apelor uzate și a deșeurilor sunt probleme mult rămase în urmă.

După cum s-a arătat în prima parte a acestui capitol (2.1), sunt unele realizări în domeniul apelor uzate și deșeurilor organice, în sectorul zootehnic, însă în cadrul satelor realizările sunt minime.

Colectarea – reciclarea – depozitarea ecologică a deșeurilor constituie o preocupare legată îndeosebi de mediul urban și industrial. Dar și în acest sector este limitată acțiunea, la faza finală de „epurare”. Valorificarea ecologică a apelor uzate și a deșeurilor, în agricultură – prin irigații, de exemplu este lăsată în seama altor acțiuni (preocupări și organizații).

În partea a II-a a acestui capitol (cap. 2.2) vom încerca să eșalonăm și chiar să aprofundăm, pe cât posibil, complexa problemă a proiectării, execuției și exploatarei, în ansamblul său, cu referire la sat, la mediul rural. Apele uzate și deșeurile din centrele populate rurale vor fi analizate în contextul: tipurilor de gospodării rurale; surselor și proceselor de formare a apelor uzate și deșeurilor, cu caracteristicile lor; modalitățile de tratare și valorificare – prin agricultură (irigații), îndeosebi; tehnicile și echipamentele adecvate și în final condițiile de realizare a unor stații comunale de epurare și depozite de reciclare.

Menționăm că și în acest caz materialul de bază folosit în capitolul 2.2. îl constituie valoroasa teză de doctorat a apreciatului specialist dr. ing. Ileana Vrabie, având conducător științific pe autorul coordonator al acestei cărți (prof. Valeriu Blidaru – Facultatea Hidrotehnică Iași, 1999).

De asemenea lucrările privitoare la „Epurarea apelor reziduale” și „Reciclarea și depozitarea deșeurilor” ale renumiților specialiști Klaus R. Imhoff și colab. (1998) și A. Wehry și M. Orlescu (2000) au constituit suportul subcapitolului 2.3.

2.2.1. GOSPODĂRIILE RURALE ȘI SURSELE DE FORMARE A APELOR UZATE ȘI A DEȘEURILOR, CU CARACTERISTICILE ACESTORA ȘI UTILIZAREA LOR

Gospodăriile rurale pot fi diferențiate după structura, mărimea și efectivul de animale, în:

1) *Gospodării rurale mici*, structurate pe fermă vegetală și fermă animală.

Ferma vegetală cuprinde:

– grădină de legume, de dimensiuni mici, cu pro-

ducerea de legume strict necesare pentru folosință curentă și legume produse pentru valorificarea pe piață;

– cultura mare, profilată pe cultura cerealelor (porumb în special), dar și cartof, sfeclă furajeră sau de zahăr etc.

Ferma animală are în componență 10-20 păsări, 1 porc, 2-3 oi, rareori o vacă.

2) *Gospodăria de mărime mijlocie* s-a dezvoltat în ultima perioadă și asigură toate produsele necesare, dar prezintă și surplus de produse (pentru 8-12 persoane), care sunt valorificate în mod curent pe piață.

Ferma vegetală cuprinde grădina de legume (și solar), cu toate legumele necesare; vie, livadă, pășune și la cultura mare porumb, grâu, ovăz, floarea-soarelui, sfeclă de zahăr.

Ferma animală are în componență 30-50 păsări, 3-4 porci, 1 vacă, 1 vițel, 10 oi și, în multe cazuri, 1 cal.

3) *Microferma*, care este o fermă apărută și dezvoltată în ultimii ani, diferă de gospodăria mijlocie în mod substanțial prin structura fermei de animale. Aceasta are efectiv mai mare de animale: 50-60 păsări, 15-25 porci, 10 vaci, 2 cai.

1° Sursele de ape uzate și dejecții; caracteristici și utilizarea lor

Apele reziduale din gospodăria țărănească sunt reprezentate de apele rezultate din activitatea de creștere a animalelor precum și de apele menajere. La acestea se mai pot adăuga apele provenite din produsele agroindustriale. Apele menajere sunt apele convențional curate folosite și rezultate în urma activității omenești sau a satisfacerii diverselor cerințe socio-economice. În urma acestor utilizări ele se încarcă cu substanțe minerale și organice, cu particule solide și deșeuri lichide, precum și cu diverși factori patogeni. Din cauza conținutului microbial ridicat ele constituie o sursă epidemiologică.

Apele reziduale menajere, în mediul rural, mai ales în localitățile necanalizate, sunt evacuate direct în apele de suprafață. De asemenea, ele sunt antrenate din depozite prin procese de curgere și infiltrație generate de căderea precipitațiilor și constituie o sursă de poluare a apelor subterane din apropierea suprafeței terenului.

În apele reziduale menajere, principalele surse de elemente nutritive sunt polifosfații, carbonații și silicații din detergenți, azotul, fosforul etc. Deșeurile ce rezultă în urma activităților din gospodăria țărănească sunt degradabile și nedegradabile.

Deșeurile degradabile sunt: gunoiul de grajd, resturi din hrana animalelor (paie, coceni etc.), tulpini de floarea-soarelui, frunze, hârtii, resturi textile și din plastic. Gunoiul de grajd este folosit ca îngrășământ

organic pentru fertilizarea suprafețelor agricole, tulpinile de porumb și floarea-soarelui, hârtiile și resturile textile, din cauciuc sau plastic sunt puse pe foc, iar frunzele, paiele sau alte resturi voluminoase sunt arse pe sol în grămezi.

Deșeurile nedegradabile prezintă o problemă în depozitarea lor, de obicei ocupând mici suprafețe pe lângă fiecare gospodărie, în mod neplăcut și insalubru. Ele sunt formate din cioburi de sticlă, cutii și diverse obiecte metalice uzate, fără întrebuințare.

Caracteristicile apelor reziduale din gospodăria țărănească variază în funcție de numărul de persoane existent în cadrul gospodăriei la un moment dat, de efectivul de animale, specia și mărimea acestuia, sistemul de creștere și furajare, climă și de diversitatea activităților desfășurate de membrii familiei. În cadrul aceleiași gospodării există o variație orară, diurnă și anuală a caracteristicilor acestor ape și trebuie avute în vedere, în general, valorile medii.

Apele uzate menajere au culoare gri deschis, iar mirosul este imperceptibil în stare proaspătă. Pe măsură ce începe fermentarea materiilor organice, aceste caracteristici se modifică.

Apa uzată de origine animală reprezintă doar urina animală, în comparație cu complexe industriale de creștere a animalelor, unde apa uzată este formată din urină și apă tehnologică. Conținutul în substanțe chimice este diferit de cel al apelor uzate provenite de la complexe industriale de creștere a animalelor, unde sunt folosiți detergenți pentru spălarea și dezinfecția adăposturilor; din aceleași cauze și pH-ul este mai redus.

Din punct de vedere microbiologic, în general, în aceste ape domină enterobacteriile și o specie *Streptococcus*, aproape identică cu specia *Enterococcus faecalis*.

Materialul documentar referitor la cantitatea și calitatea apelor uzate și nămolurilor provenite de la creșterea animalelor și păsărilor în gospodăria țărănească este extrem de redus.

În privința provenienței apelor uzate și nămolurilor de la gospodăria țărănească trebuie ținut cont și de următoarele particularități și condiții:

- gospodăria țărănească conține un număr diversificat de animale, cu mai multe bovine, cele din zona de deal-munte și cu un număr mai mare de porci în zona de șes-deal;

- cerința de hrană fiind diversă, datorită structurii și numărului de animale, rezultă și o categorie aparte de apă uzată și nămol;

- cerința de apă formată din consumul zilnic pentru adăpat, spălat, pregătirea hranei și consumul menajer al familiei prezintă grade de variație neuniforme în cursul unui sezon și al anului calendaristic;

- deșeurile rezultate din gospodăria țărănească prezintă o compoziție complexă diversificată ca aplicație, având în vedere proveniența acesteia;

- gruparea într-un spațiu restrâns a folosințelor gospodăriei țărănești contribuie la amplificarea procesului de poluare din cauza concentrării emisiei apelor uzate și a nămolurilor;

- calitatea apelor uzate și a nămolurilor este influențată și de modul de exploatare a grajdurilor, de gradul de dotare tehnică în preluarea și tratarea reziduurilor;

- modul de întreținere a animalelor și vârsta lor influențează cantitatea și calitatea apelor uzate rezultate.

Datorită provenienței, apele uzate din gospodăria țărănească sunt mult mai indicate la irigarea culturilor decât cele rezultate de la complexe de creștere a animalelor.

Volumul de ape uzate reziduale provenite din creșterea animalelor în gospodăria țărănească poate avea următoarele valori (date orientative):

- volumul zilnic produs de o bovină matură, în condițiile staționării în grajd este de cca. 15 l/zi, iar volumul de dejecții (urină + bălegar) de 40-45 kg/zi;

- volumul de dejecții din grajd pentru bovinele mature scoase la pășunat pe perioada zilei este de 10-15 kg/zi;

- volumul lunar de urină la o bovină matură este de 1,5-1,7 m³, exclusiv apa de spălare a grajdului;

- volumul lunar de urină provenit de la creșterea animalelor tinere în grajd ajunge la 2,1 m³ (exclusiv apa menajeră de întreținere a grajdului);

- volumul de urină provenit de la creșterea porcilor are valori de circa 0,15 m³/lună la animale în creștere și de 0,4-0,5 m³/lună la scroafe cu purcei.

Creșterea calității apelor reziduale provenite din gospodăria țărănească se obține prin amestecul celor acumulate de la diverse surse (bovine, suine, cabaline etc.). Acest aspect contribuie și la diminuarea efectului unor componente negative existente într-un anumit tip de apă uzată (de exemplu, apele acide provenite de la creșterea porcilor).

Din spațiile de creștere a animalelor rezultă un gunoi lichid, în situația când evacuarea reziduurilor se face prin spălare cu apă. Gunoiul lichid conține în medie (10-15)% substanță uscată când provine de la taurine și suine și (15-20)% substanță uscată când provine de la păsări. Gunoiul lichid este format din amestecul de urină cu fecale, must de bălegar, paie, resturi de hrană și apa de spălare. Această compoziție este deosebit de valoroasă ca îngrășământ. Creșterea calității gunoiului lichid se realizează prin depozitarea sa, fermentarea și adaosul unor substanțe minerale și organice.

În momentul de față folosirea dejecțiilor în gospodăria țărănească este inadecvată. Fracția lichidă și solidă a dejecțiilor și a altor reziduuri rezultate de pe lângă activitățile din gospodăria țărănească sunt utilizate după cum urmează:

– apa și resturile rezultate în urma preparării hranei sunt folosite pentru hrana animalelor sau sunt aruncate la întâmplare;

– apa rezultată în urma spălatului și a îngrijirii animalelor este aruncată;

– gunoiul de grajd este depus pe sol în stare proaspătă sau compostat, dar procesul de compostare cunoscut în gospodăria țărănească nu este unul de înalt randament și nu valorifică rezultatele tehnicii moderne în domeniu.

Valorile medii relative ai parametrilor apelor uzate din gospodăriile țărănești (sat de deal), cu efectiv animalier bovine, în principal, se prezintă orientativ în tabelul nr. 2.7.

Tabelul nr. 2.7. Caracteristici ale apelor uzate provenite din gospodăria țărănească

Caracteristici apă uzată	U.M.	Cantitate
CB05	mg/l	6.200
Reziduu fix	mg/l	40.074
Suspensii totale	mg/l	19.462
pH	-	9
CCOMn	mg/l	5.600
Amoniu	mg/l	600
Azotiți	mg/l	absent
Alcalinitate n(HCl)	mg/l	125
Hidrogen sulfurat	mg/l	20
Cloruri	mg/l	1.200

Dejecțiile de la bovine au un pronunțat caracter alcalin, față de cele provenite de la porcine, în care se regăsește o cantitate mare de substanțe nutritive, fapt datorat procesului de digestie. Cu un pH cuprins între 7-7,5, apa uzată brută de la porcine prezintă un caracter acid.

2° Soluții de valorificare și tratare a apelor menajere și a deșeurilor din gospodăriile țărănești

Valorificarea apelor uzate în gospodăria țărănească trebuie să ia în considerare condițiile geografice (tipul de climă), modul de folosință a terenului și a terenurilor limitrofe, microrelieful, potențialul de irigare și tehnica disponibilă, măsurile de ameliorare a solului precum și de protecție, dacă este cazul, a apelor subterane și de suprafață etc. Toate aceste condiții trebuie cunoscute de proprietar sau acesta trebuie îndrumat de

un specialist în procesul de valorificare a apelor uzate. Este de preferat ca apa uzată posibil de a fi folosită ca apă pentru irigat, nediluată sau diluată, să facă obiectul unei analize de laborator.

Referitor la irigarea cu ape uzate există criteriile de pretabilitate a terenurilor la irigarea cu ape uzate (panta terenului, textura solului, permeabilitatea solului, nivelul apei freactice, clasa de salinizare etc.) dar acestea sunt dificil de cunoscut de către un fermier fără un ajutor tehnic adecvat.

Când aceste ape uzate sunt folosite în agricultură la irigat, nu este necesară epurarea biologică completă, deoarece prin aceasta se micșorează valoarea lor nutritivă (azot, calciu, fosfor). În afară de aceasta se pierd parțial stimulatorii de creștere ai plantelor (bor, mangan, cupru, zinc, molibden ș.a.). În gospodăria țărănească apele uzate contribuie la chimizarea pe cale naturală a solului.

În scopul stocării apelor uzate trebuie realizat un flux tehnologic de tratare adecvat gospodăriei rurale și care să separe calitățile de apă.

În vederea reducerii la minimum a contaminării mediului înconjurător cu microorganisme patogene, se vor lua măsuri de siguranță sanitară.

Modul de folosire la irigații al apelor uzate în cadrul microfermei rurale este condiționat de următoarele:

- volumul disponibil de ape uzate tratate și netratate;
- calitatea acestor ape, prin conținutul de substanțe fertile și poluante;
- posibilități de stocare și transport a apei tratate (netratate), diluate sau nediluate;
- cantitatea de apă convențional curată posibil de a fi prelevată dintr-o sursă, pentru diluarea apei uzate și aplicarea udărilor;
- metoda și instalațiile de udare accesibile gospodăriei rurale;
- restricțiile privind condițiile de teren și hidrogeologia solului;
- protecția sanitară a oamenilor, animalelor, mediului etc.

În acest context cercetările s-au axat pe analiza modului de distribuție a apei uzate existente în gospodăria țărănească, în principal sub cele două forme, respectiv:

- a – apă uzată brută, netratată;
- b – apă uzată tratată nediluată sau diluată cu apă convențional curată.

Având în vedere volumul redus al apelor uzate provenite din gospodăria țărănească, studiile efectuate indică aplicarea acestora în procesul de irigare în următoarele situații:

1. – în afara perioadei de vegetație, sub forma:

- normă de aprovizionare, distribuită primăvara sau la începutul iernii;
- normă de aprovizionare, distribuită vara, după eliberarea terenului, care a fost arat pentru cultura a 2-dou

2. – în perioada de vegetație sub forma:

- fracțiuni de normă de udare (volume reduse de apă brută sau diluată) la majoritatea culturilor, în condițiile și restricțiile impuse, situație prin care se poate înlocui o parte importantă din îngrășămintele chimice;
- normă de udare cu ape uzate tratate și diluate, la fânețe și pajiști, după fiecare coasă sau pășunat;
- la fenofaza unor culturi pomicole și viticole, când este necesar un aport de îngrășămintă organice și chimice.

În microferma rurală este preferabil ca irigația cu ape uzate tratate, diluate sau nediluate, să se facă la acele culturi care se valorifică în mod eficient și nu pun probleme de infestare a mediului. Totodată, aplicarea normelor de udare trebuie realizată printr-o rotație a suprafețelor udate în decursul timpului, în scopul protecției sanitare și a mediului și asigurării protecției sanitare.

1) Soluții de valorificare

Apele uzate pot fi folosite în agricultură, la irigat, fără epurarea lor biologică completă, dar caracteristicile lor trebuie bine cunoscute, pentru a determina dozele și gradul de diluție în funcție de faza de vegetație în care se află culturile și pentru a evita poluarea mediului.

Valorificarea deșeurilor din gospodăria țărănească la un nivel superior impune rezolvarea următoarelor probleme:

- reconsiderarea constructivă și tehnologică a spațiilor de creștere a animalelor, pentru limitarea poluării zonelor adiacente și posibilitatea colectării deșeurilor lichide;
- folosirea unor procese tehnologice și instalații de tratare a fracției lichide și solide a deșeurilor ce nu intră în procesul de realizare a compostului;
- direcții și modalități de valorificare a produselor rezultate în urma tratării deșeurilor (exclusiv compostul).

Referitor la direcțiile de valorificare și modalitățile de folosire a **deșeurilor** se poate menționa:

- a) apele uzate brute, după un proces de limpezire, sunt infiltrate în sol prin intermediul unor puțuri absorbante și al drenurilor longitudinale; procedeul valorifică foarte puțin, în scop agricol, apele uzate și este, în același timp, o sursă de poluare a solului și apelor freatice;
- b) tratarea apelor uzate printr-o epurare biolo-

gică, cu ajutorul unor filtre biologice, și evacuarea în emisar a apei uzate tratate, situație în care se evită pericolul poluării, dar gradul de valorificare pentru agricultură este nul. Apa uzată, astfel tratată, poate fi folosită la irigație, sub formă de apă brută sau în amestec cu apa convențional curată, situație în care gradul de valorificare în cadrul gospodăriei țărănești este maxim;

c) tratarea deșeurilor solide și a celor lichide într-o instalație anaerobă, cu producerea de biogaz și îngrășământ, situație în care gradul de valorificare tinde spre maxim;

d) tratarea dejecțiilor umane prin folosirea de fose chimice, în care degresarea materiilor fecaloide se face prin procedee clasice;

e) realizarea unui gunoi fluid (gulle), care poate fi folosit ca îngrășământ în mod direct sau în urma unui proces de tratare, situație în care crește gradul de valorificare.

În gospodăria țărănească actuală nu se colectează și nu se valorifică la irigat fracția lichidă a deșeurilor, rezultată în urma unui proces de tratare. Acest lucru este rezultatul unei deficitare informări științifice și a pregătirii profesionale insuficiente, pe care o au cei ce lucrează în acest domeniu.

În situația unei colectări și tratări eficiente a fazei lichide a deșeurilor din gospodăria țărănească, se preconizează, în principal, două direcții de eliminare a acestora, dar și de valorificare fără a degrada mediul microfermei.

1. Ape uzate netratate, colectate centralizat și acumulate într-un bazin, unde sunt supuse unui proces de tratare mecanică (decantare). Apele uzate decantate pot avea următoarele destinații, în scopul reducerii efectului lor poluant:

a – evacuarea într-un emisar natural, cu respectarea normelor aferente;

b – evacuarea prin infiltrare subterană, caz în care se pot folosi:

- puțuri de infiltrare la adâncime medie și mare;
- drenuri de infiltrare la mică adâncime.

2. Ape uzate tratate, folosind un proces de epurare mecano-biologică, cu ajutorul unor instalații de epurare special concepute pentru gospodăria țărănească, instalații care asigură colectarea și tratarea apelor de orice natură. Destinația apelor uzate tratate este:

a – evacuarea într-un emisar natural, cu respectarea normelor aferente;

b – evacuarea pe un câmp de infiltrație, amenajat în acest scop;

c – evacuarea prin infiltrare subterană la adâncime mare, prin puțuri de infiltrare, sau la adâncime mică prin drenuri;

d – irigarea unor culturi din gospodăria țărănească.

Valorificarea eficientă a apelor uzate tratate și netratate, rezultate din diversele activități din gospodăria țărănească, se realizează în procesul de irigare a unor culturi pretabile la condițiile oferite de asemenea ape.

Folosirea la irigarea plantelor a apelor uzate poate contribui la reducerea procesului de tratare biologică în instalațiile de epurare utilizate în gospodăria țărănească.

2) Soluții de tratare aplicabile în gospodăria țărănească

În stadiul actual de dezvoltare a societății și de protecție a mediului ambiant, este necesar ca și apele uzate, împreună cu nămolurile, provenite de la gospodăriile țărănești necanalizate, să fie tratate (epurate) înainte de a fi introduse în sol, evacuate într-un emisar sau folosite la irigații. Apele uzate provenite din gospodăriile țărănești pot fi epurate prin metode mecanice, chimice, mecano-biologice (Mirel I., 1998).

Epurarea apelor uzate cuprinde două grupe de operații tehnologice succesive:

a – reținerea și transformarea substanțelor nocive în produse nenocive;

b – prelucrarea produselor rezultate din prima grupă de operații.

Epurarea apelor uzate din gospodăria rurală trebuie realizată prin intermediul unor instalații simple, ieftine, eficiente și cu eliminarea riscului de răspândire a gazelor, mirosurilor și virusilor. Procedeele de epurare trebuie astfel alese, încât produsul final să fie valorificat în cadrul gospodăriei țărănești, ca apă de irigație, îngrășământ, biogaz etc.

Epurarea mecanică a apelor uzate cu distribuția prin puțuri de infiltrație

Apele uzate menajere pot fi colectate în fose septice, unde se realizează procesul de limpezire și sedimentare a părții solide. Apele limpezi sunt transportate și infiltrate în teren, folosind în acest scop puțurile absorbante sau drenurile longitudinale alimentate dintr-un cămin de distribuție (fig. 2.7 – a, b, c).

Fosele septice destinate gospodăriilor rurale sunt construcții de formă circulară sau dreptunghiulară în plan, cu două sau trei compartimente destinate limpezirii apei uzate.

Fosa septică se poate construi din zidărie de cărămidă și beton simplu sau armat. Volumul foselor septice se dimensionează în funcție de volumul de apă uzată probabil a fi evacuat, în condiția în care gospodăria rurală dispune de un sistem propriu de canalizare, și se compune din:

– volumul rezultat în urma consumului gospodăresc 80-85 l/zi om;

– volume aleatorii (spălat, stropit, activități lo-

cale etc.) 20-30 l/zi om;

– volume provenite din activitatea zootehnică 25-60 l/zi cap pentru vite mari și 10-20 l/zi cap la suine.

Apa uzată, limpezită după 3-4 zile, este preluată manual sau mecanic din fosa septică și introdusă în puțurile sau drenurile de infiltrație. Astfel se continuă procesul de epurare prin deversarea în stratul de pământ.

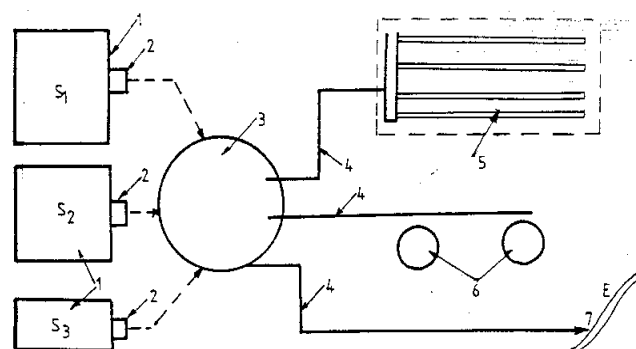
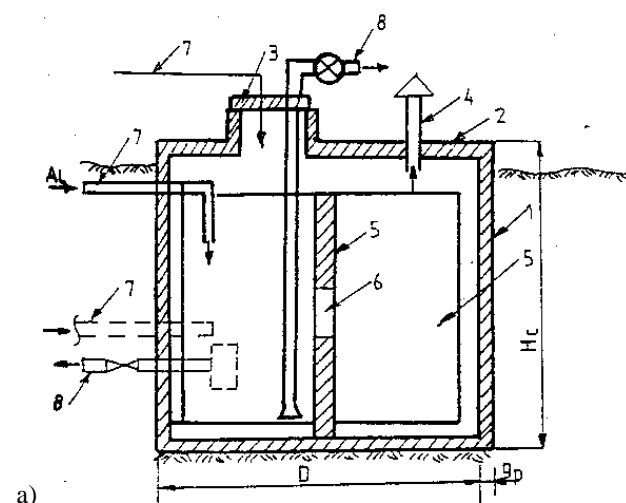
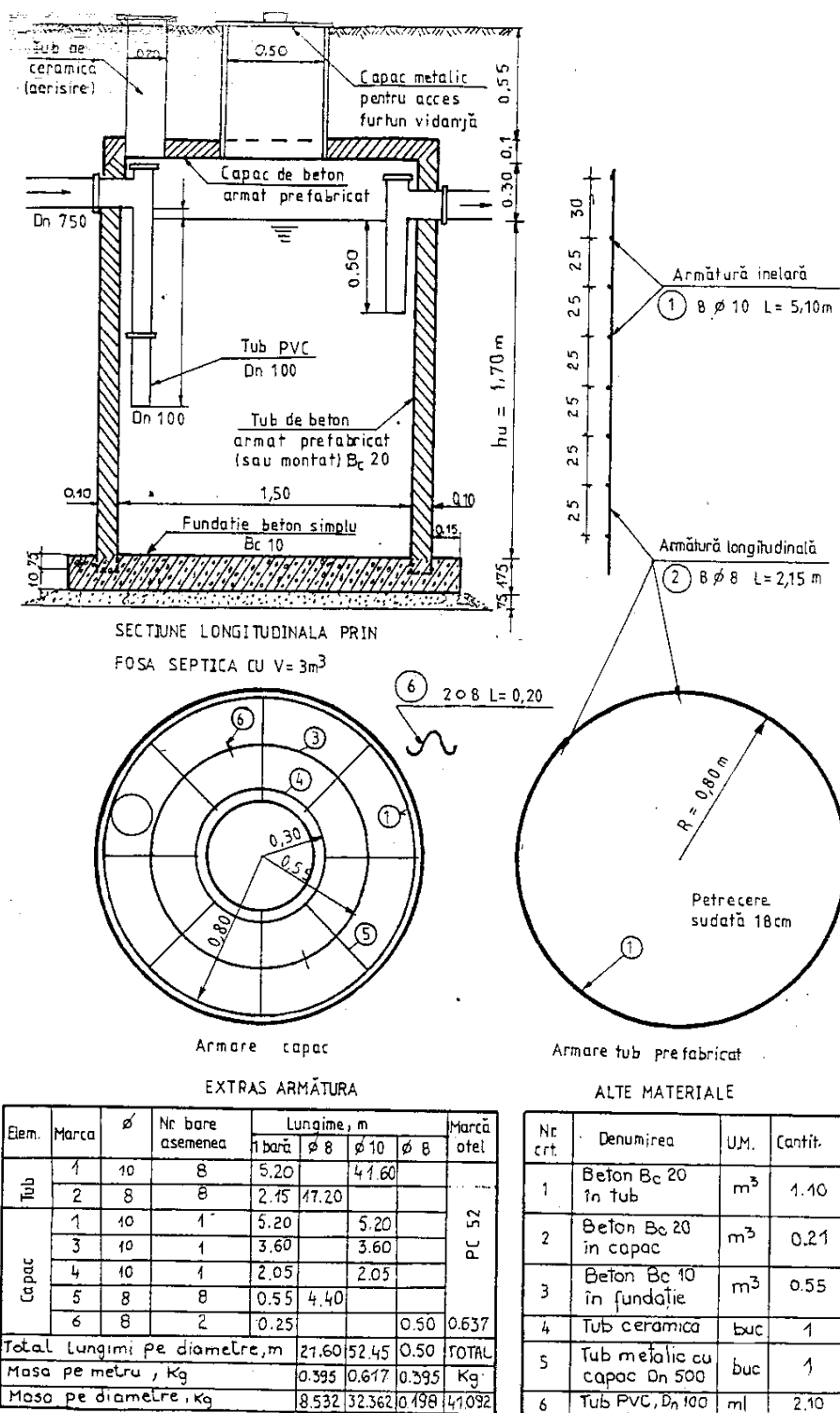


Fig. 2.7.a. Schema tehnologică de epurare mecanică a apelor uzate din gospodăria țărănească: 1 – sursa de apă uzată, 2 – cămin de colectare, 3 – fosă septică, 4 – linie de transport, 5 – drenuri longitudinale, 6 – puțuri absorbante, 7 – emisar



a) secțiune. b) vedere în plan.

Fig. 2.7. b. Fosă circulară: 1 – corp fosă, 2 – capac, 3 – capac, 4 – aerisire, 5 – pereți, 6 – fantă, 7 – alimentare, 8 – evacuare



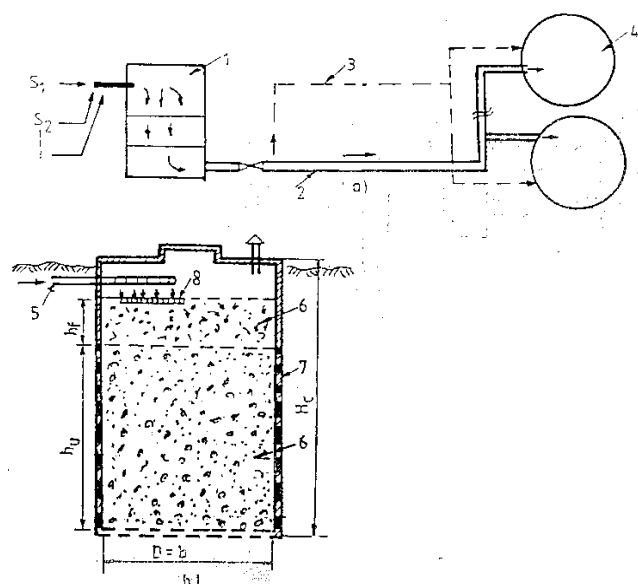


Fig. 2.8. Puțuri de infiltrație: a – schema de distribuție, b – detaliu puț: 1 – fosă, 2 – conductă de transport, 3 – transport cu rezervor, 4 – puț de infiltrație, 5 – alimentare, 6 – strat filtrant, 7 – perete cu fante, 8 – grătar de disipare.

Tratarea mecanică cu evacuare prin rețea de drenaj

Procedul de distribuție a apei uzate, tratată mecanic folosind puțurile de infiltrație, nu duce la valorificarea de către plante a substanțelor chimice. Înlocuirea puțurilor filtrante cu o rețea de drenuri amplasate în zona agricolă a gospodăriei și totodată la distanțele de protecție sanitară reprezintă o soluție parțială de valorificare a apelor uzate.

Drenurile sunt executate din tuburi de mase plastice, azbociment, argilă arsă etc., cu diametre optime de 70-100 mm și lungimi de 10-40 m. De asemenea, drenurile pot fi executate cu secțiune transversală dreptunghiulară, folosind cărămizi sau blocuri de piatră. Adâncimea de pozare (circa 0,45-1,2 m) și distanța dintre drenuri (circa 2-3m) se determină în funcție de norma de apă uzată evacuată și parametrii hidrofizici ai solului.

Pentru a asigura o bună funcționare a drenurilor pe o durată mai mare, apa provenită din fosa septică (unde s-a limpezit) este trecută printr-un filtru, care reține particulele în suspensie și mucilagiile (fig. 2.9).

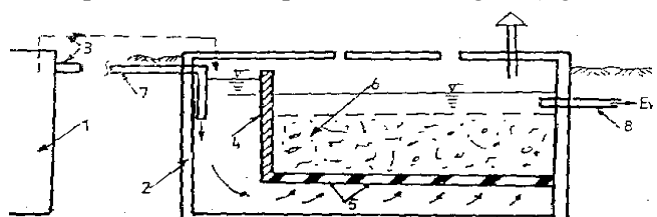


Fig. 2.9. Filtru ascendent: 1 – fosa; 2 – perete; 3 – conductă de transport sau transport mecanizat; 4 – filtru; 5 – fante; 6 – strat filtrant; 7 – alimentare; 8 – evacuare

Filtrele pot funcționa în regim ascendent sau descendent, iar ca strat filtrant se folosește nisipul sau un amestec de nisip cu pietriș. Stratul filtrant se dimensionează la o grosime de 0,5-0,8 m. După trecerea prin filtru, apa uzată tratată este preluată de o cameră de dozare, care o introduce în conducta de distribuție ce alimentează drenurile.

Conducta de distribuție este etanșă, iar parametrii de dimensionare sunt în funcție de numărul de drenuri alimentate (fig. 2.10).

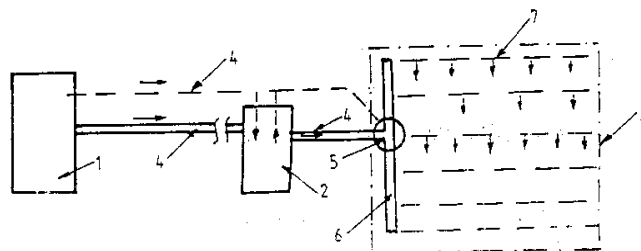


Fig. 2.10. Schema de tratare și distribuție prin rețea de drenaj: 1 – fosa; 2 – filtru; 3 – rețea de drenuri; 4 – conductă de transport sau transport mecanizat; 5 – cămin de distribuție; 6 – conductă de distribuție; 7 – dren.

Dimensionarea rețelei de drenaj se realizează conform modelului clasic de calcul al drenurilor, cu restricția asigurării grosimii stratului de sol uscat de la suprafața terenului.

În situația când nu se dispune de drenuri și puțuri absorbante se poate alege, în mod provizoriu, soluția distribuției apei uzate tratate mecanic și a nămolului rezultat pe terenuri necultivate, în șanțuri mici sau brazde, care apoi se astupă. Terenul trebuie să aibă o bună permeabilitate.

Tratarea mecano-biologică a apelor uzate

Valorificarea eficientă a apei uzate în gospodăria țărănească, în special a apei provenite din spațiile de creștere a animalelor, se realizează prin transformarea acestuia într-un îngrășământ natural. Procesul de transformare cuprinde două etape: tratarea mecanică și tratarea biologică. În etapa a doua, într-o perioadă limitată de timp, se produce transformarea apei uzate brute, din produs nociv într-un produs util sub formă de îngrășământ. Lichidul rezultat își continuă procesul de transformare, respectiv de epurare biologică, în urma stocării în rezervoare de diluție și a distribuției sub formă de irigații în solul aferent gospodăriei.

În cadrul gospodăriei țărănești, cele două etape ale procesului de epurare se realizează prin folosirea unor construcții posibil de realizat în regie proprie și care cuprind: 1 – fosa septică; 2 – rezervorul de tratare biologică.

Prin folosirea celor două trepte de tratare a apelor uzate se rețin circa 80-100% din suspensii, iar CBO_5 se reduce cu 20-70%.

Prima instalație de tratare analizată este formată din fosa septică, conducte de legătură și patul bacterian (fig. 2.11; 2.12). Patul bacterian se realizează într-un rezervor de formă dreptunghiulară ($0,5 \times 1,0 \times 1,0$ - $1,5$ metri), cu înălțimea de $1,5$ - $1,8$ m, amplasat în apropierea fosei septice și executat din cărămidă sau beton. Pentru gospodăria rurală a fost analizată și soluția unei fose executate din pământ, dar cu impermeabilizare prin folosirea foliilor de plastic. Patul bacterian se execută din mase granulare cu capacități absorbante ridicate. Ca material absorbant se poate folosi orice rocă minerală cu suprafața poroasă, rezistentă la gelevitare și alcoolii slabi. În gospodăria țărănească se pot folosi și cărămizi sparte, tufuri vulcanice, cocs, plăci ondulate din mase plastice. Stratul de material poros are o grosime de $0,7$ - $0,9$ m, cu o suprafață de filtrare de $0,7$ - $2,0$ m², în funcție de numărul de întrebuințări. Este de preferat a dispune materialul filtrant sub formă stratificată, respectiv la suprafață să se afle granulele cu dimensiunile cele mai mici (tip filtru invers).

Pentru realizarea procesului de tratare biologică (bacterii aerobe) este necesară o bună aerare a patului bacterian, care se obține cu ajutorul unui curent de aer ascendent introdus prin intermediul unui cămin de ventilare.

Alimentarea patului bacterian se face cu intermitență. Apa uzată se distribuie la suprafața patului, cu ajutorul unui jgheab găurit executat din mase plastice. Apa uzată, care a trecut prin procesul de tratare, este colectată într-un rezervor, unde poate fi stocată sau de unde poate fi distribuită în rețeaua de irigații sau drenaj de infiltrare.

A doua instalație de epurare, posibil a fi folosită în gospodăria țărănească, realizează un proces de tratare în două trepte, respectiv treapta mecanică urmată de treapta biologică (fig. 2.13).

Treapta mecanică este constituită din fosa septică, în care apa uzată este supusă unui proces de sedimentare. Treapta biologică este constituită dintr-un „minifiltru biologic”, alcătuit dintr-o construcție impermeabilă din beton sau cărămidă, cu secțiunea circulară sau pătratică. În interiorul construcției, în mod concentric, se dispune un recipient ai cărui pereți exteriori sunt prevăzuți cu orificii circulare sau dreptunghiulare.

Pentru volumele de apă uzată menționate anterior, dimensiunile cuvei au valorile $D = 1,3$ - $1,5$ m sau $L = 0,8$ - $1,4$ m, pentru a se asigura o suprafață de filtrare de circa $0,6$ - $2,0$ m², iar orificiile de oxigenare au o suprafață de circa $0,08$ - $0,1$ m².

În interiorul cuvei se dispune masa filtrantă, realizată din spărtură de tuf vulcanic, cărămidă, cocs etc., în grosime de $0,8$ - $1,6$ m, pe cât posibil cu structura unui filtru invers.

În interiorul construcției, apa uzată limpezită este introdusă printr-o conductă și distribuită la suprafața filtrului, cu ajutorul unor jgheaburi din plastic prevăzute cu găuri.

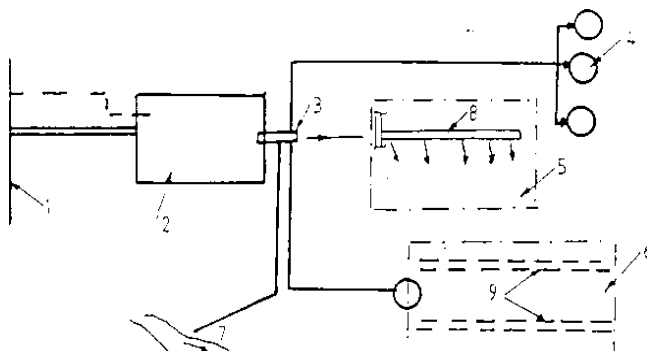


Fig. 2.11. Schema de tratare mecano-biologică și distribuție: 1 - fosă septică; 2 - pat bacterian; 3 - cămin de distribuție; 4 - puțuri de infiltrare; 5 - câmp de irigație; 6 - câmp de drenaj; 7 - emisar; 8 - conducta de udare; 9 - dren

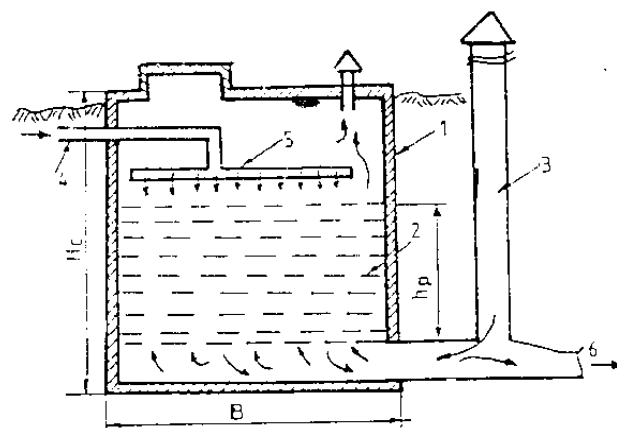


Fig. 2.12. Schema patului bacterian: 1 - corp construcție; 2 - masă granulară; 3 - puț de ventilație; 4 - alimentare; 5 - distribuția interioară; 6 - evacuare apă tratată

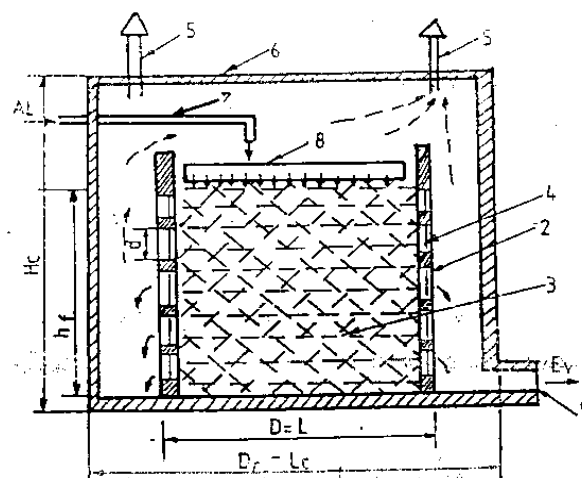


Fig. 2.13. Schema filtrului biologic: 1 - corp construcție; 2 - corp filtru; 3 - masa filtrantă; 4 - orificii de oxigenare; 5 - gură de ventilație; 6 - capac; 7 - alimentare; 8 - distribuția apei; 9 - evacuarea apei

Tratarea mecano-biologică cu bazine de fermentare

În concepția clasică de tratare a apelor uzate, bazinele de fermentare sunt rezervoare folosite la fermentarea nămolurilor. În cazul gospodăriei țărănești, procesul de fermentare poate fi folosit pentru îmbunătățirea calității apei uzate provenite de la sectorul de creștere a animalelor și pentru transformarea acestora într-un îngrășământ.

Totodată, prin acest procedeu se asigură o protecție adecvată a mediului, evitându-se pătrunderea apei uzate în stratul acvifer și poluarea apei fântânilor și a solului din jurul construcțiilor de creștere a animalelor.

Schema de tratare a apelor uzate (fig. 2.14) este formată din cele două trepte:

- a – treapta mecanică, constituită din fosa septică, unde se produce decantarea și limpezirea apelor uzate;
- b – treapta de fermentare.

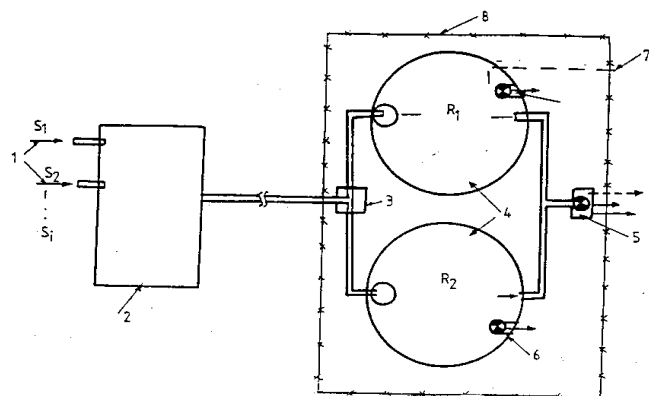


Fig. 2.14. Schema de tratare cu rezervoare de fermentare:

- 1 – sursele de apă uzată; 2 – fosa septică; 3 – cămin distribuitor; 4 – rezervoare de fermentare; 5 – cămin colector pentru distribuție, evacuare prin pompare, preluare apă etc.; 6 – pompă; 7 – transport mecanizat; 8 – protecția zonei

Ca principiu de funcționare, treapta mecanică este identică cu cele prevăzute anterior, dar constructiv prezintă unele diferențieri pentru alimentarea rezervoarelor de fermentare (fig. 2.15). Fosa septică este alimentată de sistemul de colectare a apelor uzate din grajd (prezintă 1-3 guri de intrare) și distribuie apa la rezervoarele de fermentare cu reglarea debitului.

Având în vedere durata de fermentare de câteva săptămâni, în funcție de proveniența apei uzate, sunt necesare cel puțin două rezervoare de fermentare. Numărul rezervoarelor se corelează cu volumul lor. Volumul de apă uzată posibil a fi colectată într-un an este de 5-6 m³/bovină matură/an, 2,7-3,0 m³/cabalină/an, 7,0-7,5 m³/suină/an, 2,5-3,0 m³/ovină/an etc. La acest volum se adăunează cel provenit din activitățile menajere.

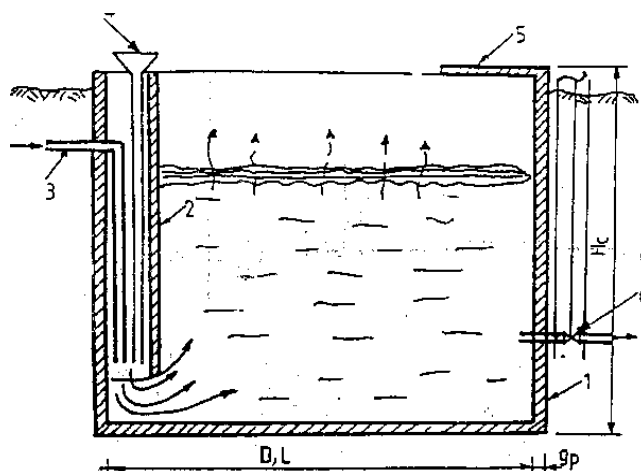


Fig. 2.15. Schema rezervorului de fermentare: 1 – corpul rezervorului; 2 – cămin de alimentare; 3 – conductă de alimentare; 4 – conductă alimentare manuală; 5 – platformă pentru pompă; 6 – evacuare la rețea drenaj

Rezervoarele de fermentare se amplasează la distanță de protecție sanitară față de locuințe și clădirea grajdului și într-o poziție care să nu afecteze traiectoria apei freatice spre fântână sau alte locuințe. Perimetrul rezervoarelor se protejează printr-un gard ce nu permite accesul animalelor, păsărilor etc. Rezervoarele se construiesc din beton, beton armat, cărămidă sau din pământ căptușit cu folii de plastic pentru etanșare, astfel ca în timpul fermentării să nu se piardă apa uzată sau produsul rezultat. Rezervoarele se dimensionează în funcție de numărul animalelor și volumele de apă menajeră provenite din gospodărie. Pentru schema de încărcare adoptată la gospodăria țărănească luată ca exemplu de calcul, rezultă ca necesare două rezervoare cu $V = 22-25 \text{ m}^3$ care, pentru o formă circulară a secțiunii transversale, pot avea dimensiunile $D = 2,2-2,5 \text{ m}$ și $H_c = 2-2,5 \text{ m}$ sau o formă pătratică cu $L = 3,0 \text{ m}$ și $H_c = 2,0-2,5 \text{ m}$ (fig. 15).

Dimensionarea rezervoarelor se face în funcție de încărcările (forțele) care le acționează.

Alimentarea rezervoarelor se poate face *direct* de la fosa septică, pe cale gravitațională, prin intermediul unei conducte executate din mase plastice, sau *indirect* prin transportul apei uzate și turnarea în rezervorul de lucru.

Tratarea mecano-biologică a apei uzate cu valorificarea gazelor de fermentare

Procesul de fermentare al apei uzate decantate din fosa septică sau a complexului de dejecții solide și lichide din gospodăria țărănească se poate realiza prin metoda anaerobă. În acest caz, rezervoarele sunt de construcție închisă, de tip special, pentru a putea colecta gazele de fermentație (biogazul) și a le distribui în gospodăria țărănească.

Din procesul de fermentare rezultă trei compo-

nente principale: gazele, apa uzată tratată (folosită la irigație) și nămolul fermentat (folosit ca îngrășământ). Soluțiile constructive sunt cunoscute și prezentate în literatura de specialitate.

3) Tehnici de irigare (și udare) cu ape uzate, aplicabile în gospodăriile țărănești

Folosirea rațională a apelor uzate în gospodăria țărănească, concomitent cu asigurarea unei protecții eficiente a mediului, se realizează după ce au fost supuse unei epurări parțiale sau complete (treapta mecanică + treapta biologică).

Valorificarea apelor uzate, tratate sau netratate, în gospodăria țărănească, impune rezolvarea următoarelor grupe de probleme:

- a – stocarea apelor uzate brute sau diluate;
- b – diluția cu ape convențional curate;
- c – transportul apelor uzate de la instalațiile de tratare-stocare locale la cele de distribuție la plante;
- d – manipularea apelor uzate în condiții de igienă și protecție sanitară;
- e – modul de distribuție la plante cu obținerea unei eficiențe maxime și reduce-rea la minimum a riscului de poluare.

Analizele efectuate în baza experimentală (Leorda – Il. Vrabie, 1999) au arătat că transportul apelor uzate de la instalația de tratare la locul de distribuție se poate realiza sub două forme:

- a. direct, prin intermediul unei rețele de transport formată din conducte executate din material plastic; mișcarea apei în conducte poate fi gravitațională sau prin pompare;
- b. indirect, prin transportul cu cisterne, rezervoare, butoaie etc., cu folosirea mijloacelor hipo-mecanizate.

La manipularea apelor uzate se vor lua toate măsurile de protecție sanitară a uneltelor, utilajelor, instalațiilor și a persoanelor care efectuează procesul tehnologic.

Modul de distribuție a apei uzate este condiționat de cantitatea acesteia, volumul disponibil, posibilitățile de stocare și diluție, instalațiile de distribuție și restricțiile privind valorificarea ei. Concluziile obținute prin analiza condițiilor oferite de gospodăria țărănească, considerată ca bază experimentală și aflată în stadiul actual de dezvoltare economică, au indicat următoarele modalități de distribuție:

1 – distribuția în stratul profund de sol, prin intermediul puțurilor și drenurilor de infiltrare, în cazul apelor uzate tratate numai mecanic;

2 – distribuția într-un emisar, în cazul apelor uzate tratate mecanic și mecano-biologic, cu respectarea parametrilor impuși de normele și standardele în vigoare;

3 – distribuția apei uzate netratate, dar diluată cu

apă convențional curată, pe stratul de sol sau în sol, în afara perioadei de vegetație a culturilor;

4 – distribuția apei uzate tratate, nediluată sau diluată cu apă convențional curată, sub formă de irigații la diverse culturi agricole, pomicole, viticole, pășuni și fânețe, în perioada de vegetație.

Dacă în țările cu o agricultură privată avansată, se folosesc intens apele uzate rezultate din activitățile fermei la irigarea unor culturi sau fânețe, în România valorificarea acestor ape în gospodăria țărănească este aproape inexistentă. Având în vedere volumul redus al acestor ape și calitatea lor, se recomandă aplicarea lor deocamdată în procesul de irigare în următoarele situații și sub formele:

a) în afara perioadei de vegetație;

- primăvara, înainte de semănat, ca normă de aprovizionare;
- vara, după eliberarea terenului de cultură;
- iarna, pe terenul arat, în cazul apelor uzate slab tratate;

b) în timpul perioadei de vegetație

- în cantități mici, în cursul perioadei de vegetație, la majoritatea culturilor, cu restricțiile cuvenite, ca înlocuitor al îngrășămintelor chimice azotoase și potasice;

- după fiecare coasă pe pajiști;
- după fiecare pășunat pe parcela programată în acest scop;
- în perioada de început a creșterii fructelor la plantațiile pomicole etc.

Apele uzate pot fi folosite la irigarea pădurilor și la completarea unor substanțe în iazurile piscicole.

Volumele de apă uzată din gospodăria țărănească sunt inferioare normelor de udare și irigație acceptate de literatura de specialitate. Din acest considerent, apa uzată va fi distribuită sub formă diluată, dacă este posibil, și în cantități mici, la culturile care o valorifică în mod eficient.

Valorificarea apei uzate la udarea plantelor în cadrul gospodăriei țărănești trebuie să se supună unui număr mult mai mare de restricții decât cele specifice sistemelor clasice de irigare. Acestea rezultă din lipsa curentă a controlului de tip sanitar, pedologic, hidrogeologic etc.

Volumul mic de apă uzată, ca și diversitatea culturilor din gospodăria țărănească, determină folosirea mai multor metode de udare sau a uneia, care să permită modificarea parametrilor tehnici ai udării și ai echipamentului.

Studiile efectuate în perimetrele gospodăriilor individuale considerate ca baze experimentale, corelate cu datele din literatura de specialitate (în special restricțiile și normele sanitare), au arătat că metodele de udare aplicabile în acest caz sunt următoarele:

1) metoda de udare prin brazde cu variantele:
a – brazde scurte și înfundate la un capăt, pentru culturi de câmp și legume;

b – brazde de contur sau rigole de infiltrare la plantațiile pomicole și la culturile de câmp amplasate pe pante.

2) metoda de udare localizată cu variantele:

a – udarea prin tuburi perforate în rigole foarte scurte și înfundate la capăt, la culturi de câmp, legume și pomi;

b – udarea subterană localizată, la legume și pomi.

3) metoda de udare subterană, prin folosirea drenurilor de infiltrare, în cazul unui sol cu permeabilitate ridicată, metodă aplicabilă la legume și la culturile de câmp.

Experiențele efectuate în „Câmpul experimental Leorda” au demonstrat valabilitatea udării localizate, aplicabilă la irigarea legumelor, în situația folosirii unei ape uzate tratate și diluate într-un anumit grad (fig. 2.16 și fig. 2.17).

Având în vedere restricțiile impuse la distribuția apelor uzate la plante în cadrul gospodăriei țărănești, corelate cu gradul de epurare variabil realizat de instalațiile și procesele tehnologice folosite, a rezultat că metoda de udare localizată este cea mai convenabilă în acest caz (dr. ing. Ileana Vrabie, 1999).

Metoda localizată, care distribuie direct apa pe sol (picurare, tuburi perforate) sau în sol (localizată subterană), valorifică eficient volumul redus de apă uzată și asigură, în condiții optime, protecția mediului. Totodată, volumele mici distribuite prin această metodă de udare protejează solul și apa freatică, datorită consumului integral al acesteia de către plante. De asemenea, metoda poate fi aplicată, cu un înalt randament, la irigarea culturilor amplasate în sere și solarii.

În funcție de gradul de filtrare a apei și de caracteristicile tehnice ale instalației de distribuție (dotarea cu filtre), se pot folosi următoarele variante ale metodei localizate:

1. udarea prin tuburi perforate, unde conductele de udare sunt prevăzute cu orificii calibrate, situație în care apa de irigație poate avea o filtrare medie obținută prin decantare și folosirea unor filtre cu site;

2. udarea prin picurare, cu conducte de udare prevăzute cu picurătoare specializate, caz în care apa de irigație trebuie filtrată prin folosirea unor filtre cu sită și lamele, pentru a se obține un grad ridicat de reținere a particulelor și gelurilor;

3. udarea localizată subterană, cu conducte de udare îngropate în sol și prevăzute cu dispozitive de distribuție a apei; filtrarea apei de irigație se poate realiza în trepte diferite, după construcția dispozitivului de distribuție.

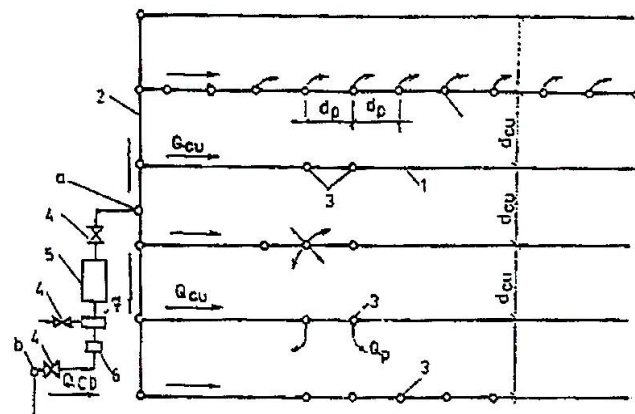


Fig. 2.16. Componenta instalației de udare localizată cu folosirea apei uzate tratate: a, b – noduri de bransament;

1 – conducte de udare; 2 – conducte de distribuție;

3 – bransamentul distribuitorului; 4 – robinet de admisie a apei convențional curate; 5, 6 – filtre; 7 – dispozitiv de amestec (cu ventil)

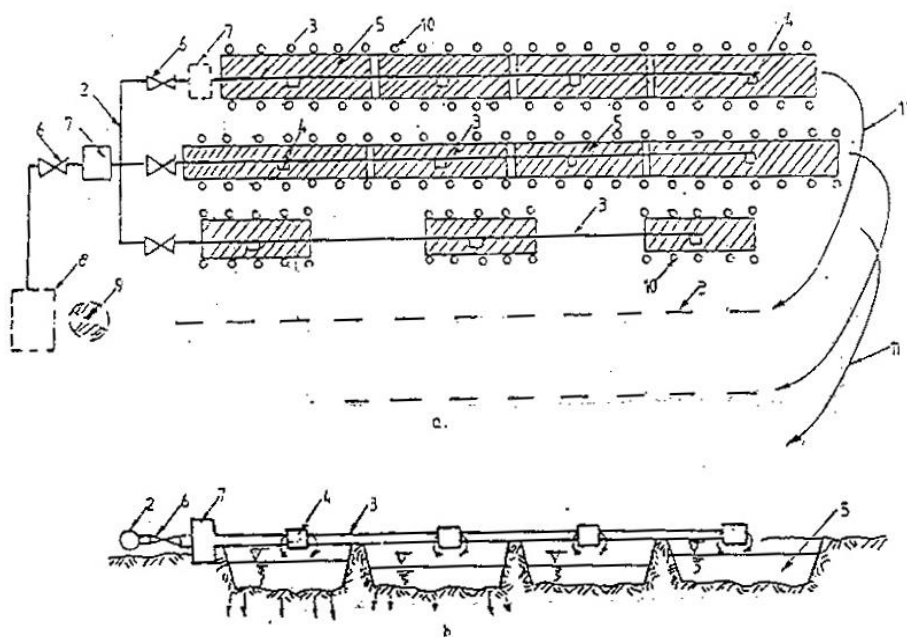


Fig. 2.17. Echipamentul de udare localizată: a – vedere în plan; 1 – conductă de alimentare; 2 – conductă de distribuție; 3 – conductă de udare; 4 – dispozitive de distribuție a apei; 5 – brazde de infiltrare; 6 – robinet de reglare; 7 – filtru; 8 – rezervor de alimentare; 9 – pompă; 10 – plante; 11 – direcțiile de montare a conductelor de udare.

Udarea în sere și solarii cu ape uzate

Pentru culturile semifortate de legume se folosesc solarii reci, realizate sub formă de tunel (fig. 2.18). Solariile clasice, tip tunel, au dimensiunile: lungime în ax 55 m, lățime de 5,4 m și înălțimea maximă de 2,7 m. Pentru folosirea în cadrul microfermei rurale, dimensiunile solariilor (lungimea și înălțimea, în special) pot fi adaptate și altor cerințe, cum ar fi condițiile de amplasament. Lățimea solarului este impusă de distanțele dintre rândurile de plante și distanțele necesare efectuării lucrărilor agrotehnice. Suprafața solarului se modelează după tipul plantelor și modul de udare. Schema de amenajare trebuie corelată cu parametrii constructivi și funcționali, având în vedere durata scurtă (3-4 ani) de existență pe același amplasament.

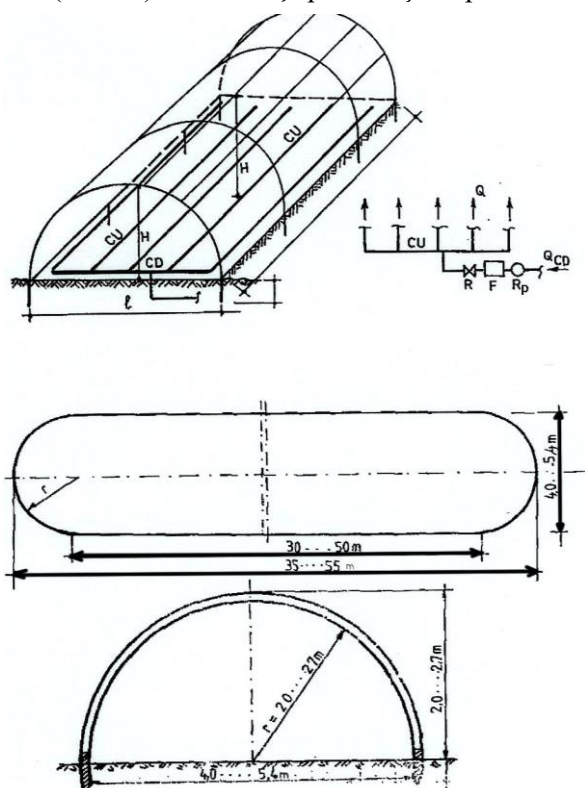


Fig. 2.18. Structura instalației de udare localizată subterană în solar (tip tunel), cu elemente constructive: CU – conducte de udare; CD – conductă distribuție; R_p – regulator presiune; F – filtru; R – robinet.

Irigarea subterană în solarii

Metoda de udare localizată prezintă și avantajul echipamentului îngropat, protejat la acțiunea utilajelor și a uneltelor de realizare a lucrărilor agricole, situație frecvent întâlnită în sere și solarii.

Echipamentul de udare este format din conducte de distribuție, conducte de udare, dispozitive de distribuție, armături de reglare și control, instalații de îmbunătățire a calității apei etc.

După modul de distribuție al conductei de udare, echipamentul se poate clasifica astfel:

a) echipament de udare cu distribuție relativ continuă a apei în lungul conductei de udare, modalitate favorabilă plantelor aflate în număr mare pe rând, specific serelor și solariilor (fig. 2.19);

b) echipament de udare cu distribuție discontinuă a apei în lungul conductei de udare, modalitate de udare specifică plantelor rare pe rând (fig. 2.20).

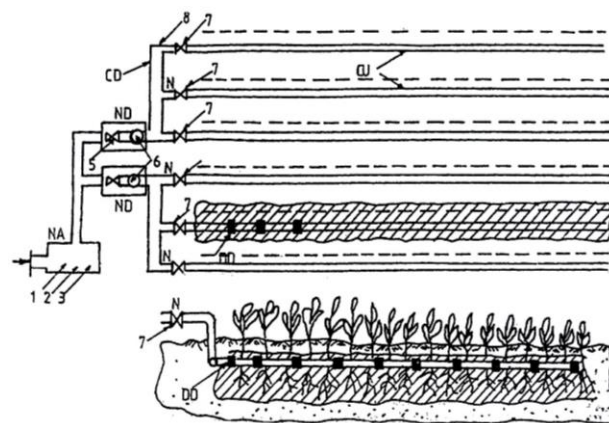


Fig. 2.19. Elemente ale echipamentului de udare localizată subterană în varianta I de funcționare (distribuție continuă)

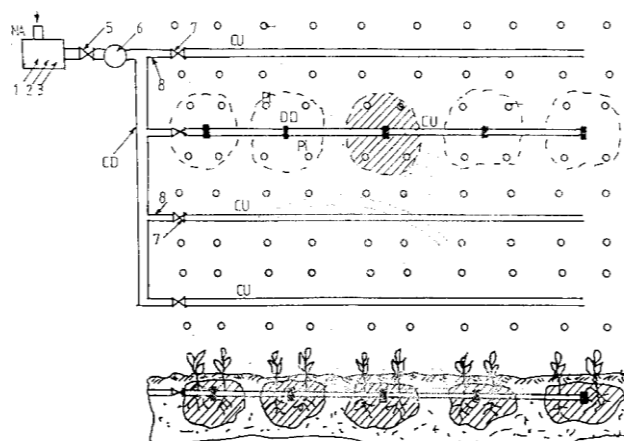


Fig. 2.20. Elemente ale echipamentului de udare localizată subterană în varianta a II-a de funcționare (distribuție concentrată)

Echipamentul de udare se compune din următoarele elemente constructive și funcționale (v. fig. 2.19):

a) nod de alimentare (NA) cu rol de racord la conducta (rezervorul) din care se preia apa de irigație și care conține:

- armături de reglare a debitului (1) și presiunii (2);
- filtre de îmbunătățire a calității apei (3), în special pentru reținerea particulelor mai mari de 0,1 mm și a gelurilor aflate în suspensie în apă;
- armături de măsurare a volumelor de apă distribuite (4);

b) nod de distribuție (ND), la care se brânșează conductele de distribuție (CD) cu rol de alimentare a conductelor de udare (CU); pe conducta de distribuție se montează armături de reglare a debitului (5), cu acționare de la suprafață și, după necesități, se pot monta filtre suplimentare (6);

c) conducte de distribuție (CD), care pentru modul de organizare al teritoriului în solar și sere, au o poziție paralelă cu latura mică a solarului; lungimea conductelor de distribuție este impusă de distanța dintre conductele de udare;

d) noduri de alimentare a conductelor de udare (N), care pot fi dotate cu armături de reglare a debitului (7) și ștuțuri de racord (8) pentru amplasarea unor conducte cu diametre diferite;

e) conducte de udare (CU) dispuse în lungul și-lului de plante sau pe intervalul dintre două rânduri de plante; conductele de udare au lungimea determinată pe cale hidraulică și, pe cât posibil, egală cu cea a solarului sau cu un submultiplu al acesteia;

f) dispozitive de distribuție (DD) ale apei, montate axial sau lateral pe conducta de udare, sau conducta de udare are proprietatea de a distribui apa prin pereții ei poroși; dispozitivele de udare asigură, prin construcția lor, o emisie uniformă a apei în sol, cu o difuzie adecvată într-un spațiu limitat și cu o protecție satisfăcătoare la fenomenul de obturare a spațiilor limitate de curgere.

Alimentarea echipamentului de udare se poate realiza în două variante: de la un rezervor de nivel și de la conducta de transport (fig. 2.21).

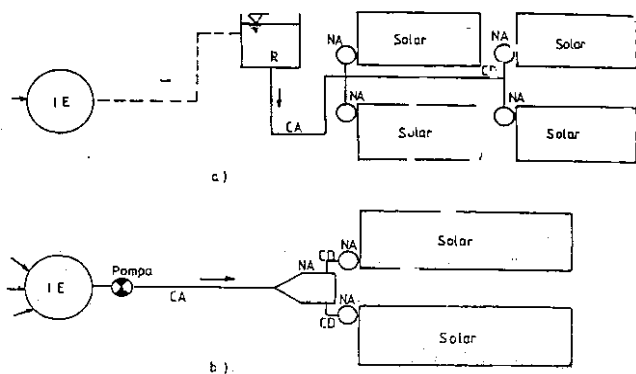


Fig. 2.21. Schema hidrotehnică pentru alimentarea solarilor și serele în condițiile utilizării apei uzate

Echipamentul de udare localizată la pomi, cu folosirea apei uzate tratate și diluate

Studiile teoretice și practice efectuate în cadrul Laboratorului Facultății de Hidrotehnică Iași (St. Toma, 1992), pentru irigarea prin picurare, la pomi, reliefează tehnica de udare și echipamentul prezentat în fig. 2.22 și 2.23.

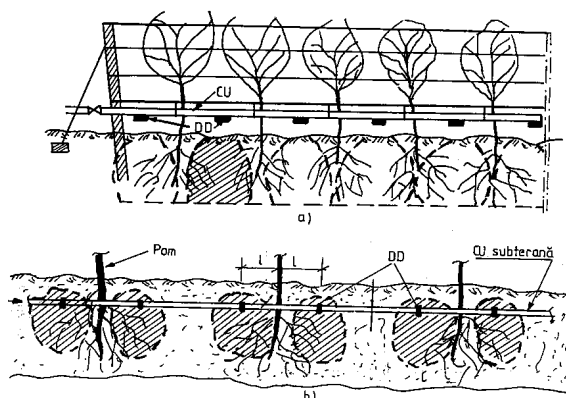


Fig. 2.22. Schema de organizare a plantației de pomi pentru udarea localizată

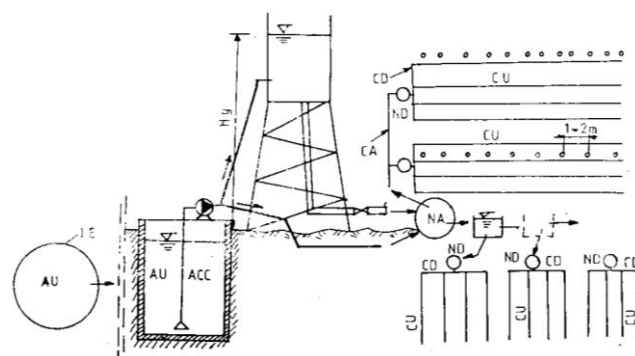


Fig. 2.23. Modul de alimentare al echipamentului de udare localizată la folosirea în apa de irigație a apei uzate

2.3. EPURAREA APELOR REZIDUALE, PRIN STAȚII COMUNALE ȘI RECICLAREA ȘI DEPOZITAREA ECOLOGICĂ A DEȘEURILOR

Pentru tratarea apelor reziduale din aglomerațiile rurale, ca și pentru colectarea și reciclarea deșeurilor, în ultimul deceniu s-au întreprins măsuri, ce pot fi concentrate sub titlul general de: Stații comunale de epurare (2.3.1) și depozite ecologice de reciclarea și depozitarea deșeurilor (2.3.2).

Ambele acțiuni vizează mai întâi centrele urbane și industriale, dar încetul cu încetul își vor găsi extinderea și în aglomerațiile rurale – sate, asemănător acțiunilor de alimentări cu apă – gen program SAPARD. În sprijinul acestui viitor program de dezvoltare și consolidare durabilă a satului românesc, prezentăm în această carte, ce se referă – cu prioritate – la mediul rural – un minim de date privitoare la cele două probleme (2.3.1 și 2.3.2), care sunt tratate pe larg în cărțile și tezele de specialitate, cum am arătat anterior (în 2.2).

Notă: Aspectele ce se vor prezenta în cap. 2.3.1 au rolul de a completa problematica înscrisă în cap. 2.1. (Apele uzate și stațiile de epurare aferente din complexe zootehnice), precum și în cap. 2.2. (idem, din centrele rurale).

2.3.1. CONCEPȚII ȘI SOLUȚII ÎN TRATAREA ȘI VALORIFICAREA APELOR REZIDUALE DIN AGLOMERAȚIILE RURALE, PRIN STAȚII COMUNALE DE EPURARE. UNELE ASPECTE

Obiectivul principal cerut în tehnica de epurare a apelor uzate este de realizare a unui grad de epurare tot mai ridicat, obiectiv pentru atingerea căruia trebuie construite stații de epurare moderne, care să funcționeze în conformitate cu normele de exploatare.

Gradele de epurare realizate în aceste stații trebuie să corespundă totodată și directivelor Uniunii Europene.

Se urmărește racordarea cât mai multor bazine de canalizare posibil, deoarece la instalațiile mai mari, vârfurile de încărcare se uniformizează, iar costurile rezultate sunt mai mici. Pentru fiecare caz în parte, la stabilirea costurilor totale se pleacă de la un debit specific de apă uzată de 200 l / loc. zi, în care se include și apa de infiltrație pătrunsă pe diverse căi.

Costurile de investiție sunt determinate de suma dintre numărul de locuitori racordați și numărul de locuitori echivalenți industriei și cheltuielile pentru achiziționarea terenului. Ca valori medii ale suprafeței de teren necesare s-au găsit (Asociația Ruhrului din Landul Renania de Nord – Westfalia)¹⁾:

- la 1.000 loc., 1,5-3 m²/loc.;
- la 10.000 loc., 1-2 m²/loc.;
- la 50.000 loc., 0,6-1,2 m²/loc.;
- la 100.000 loc., 0,4-0,8 m²/loc.;
- la 500.000 loc., 0,3-0,5 m²/loc.

Un rol important îl joacă și creșterea costurilor de exploatare pe durata perioadei de funcționare a sistemului adoptat.

La stațiile de epurare mici și mijlocii capacitatea de autoepurare a emisurului este adesea redusă. În acest caz iazurile biologice reprezintă o treaptă a epurării avansate, avantajoasă și economică, deși ocupă o suprafață mare, însă ecologic se justifică.

Valorificând după cum am spus anterior ca material bibliografic racordat la tema tratată în cap. 2.3.1. (pentru aglomerații rurale mici și mijlocii) lucrarea lui Klaus R. Imhoff și colaboratori, în cele ce urmează

vom folosi chiar exemplificările și valorile (în D.M.²⁾) date aici.

Astfel racordarea celor trei stații de epurare de mică capacitate (fig. 2.24) la o stație de epurare centrală a impus și realizarea unui colector de legătură, pe lângă modificarea și amendarea stațiilor existente, în vederea respectării cerințelor minime de epurare.

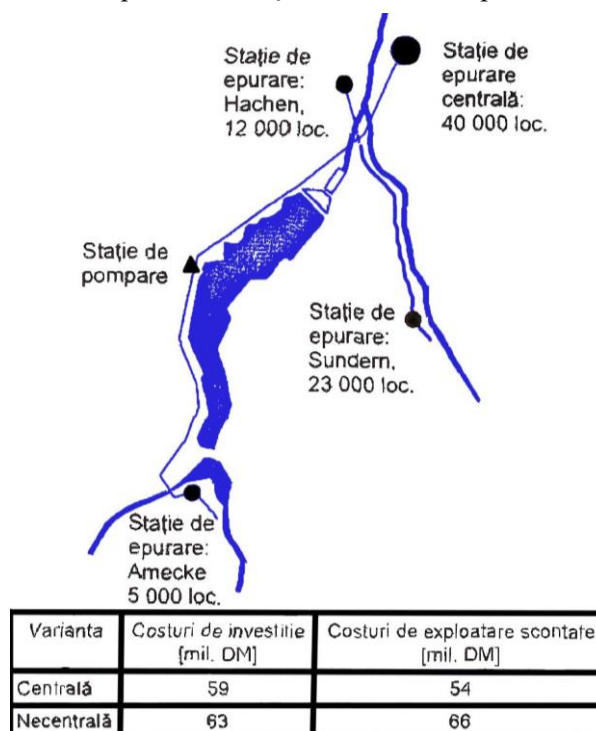


Fig. 2.24. Modernizarea epurării apelor uzate în zona barajului Sorpetal

Din fig. 2.25 rezultă (Klaus R.) că în timp de 10 ani (1983-1992) costurile de exploatare au crescut în medie cu 10% în fiecare an.

Factorul dobânzii: $q = 1.07 = \text{constant}$

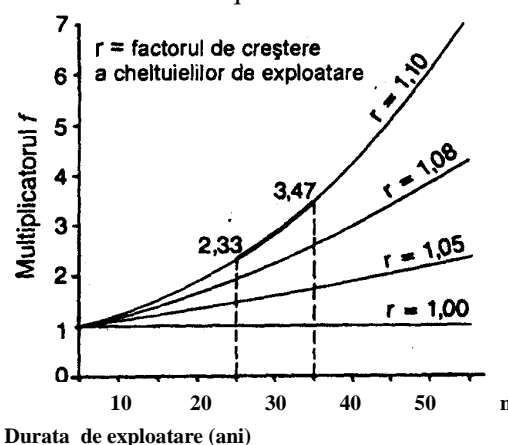


Fig. 2.25. Creșterea indicelui de cost al investițiilor și a costurilor de exploatare la stațiile de epurare din 1983 până în 1992

¹⁾ Klaus R. Imhoff și colaboratorii, *Epurarea Apelor Reziduale* – Editura Tehnică, București, 1998.

²⁾ D.M./ nivel 1998

Deși rațional se impune centralizarea epurării apelor pentru amplasamente învecinate (vezi fig. 2.24) există în mod frecvent mult mai multe stații mici decât mari. Figura 2.26 prezintă o situație statistică, la nivelul anului 1994, în Germania, unde din cele aproximativ 10.000 de stații de epurare publice, numai 244 au o capacitate pentru mai mult de 100.000 locuitori.

Prescripțiile-cadru, pentru administrarea apelor uzate, pretind un grad de epurare mai mare pentru stațiile de epurare comunale, față de stațiile mai mici (tabelul nr. 2.9).

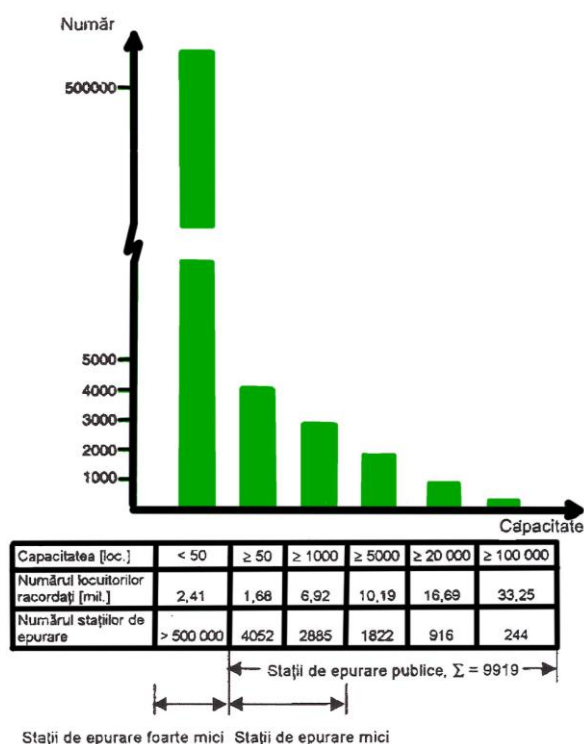


Fig. 2.26. Stațiile de epurare din Germania (an 1994)

Tabelul nr. 2.9. Prescripțiile-cadru privind administrarea apelor uzate (1992)

Încărcare organică [kgCBO ₅ /zi]	Nr. locuitori la 60 g CBO ₅ / (loc.zi)	CCO [mg/l]	CBO ₅ [mg/l]	NH ₄ -N ¹⁾ [mg/l]	N _{anorg} [mg/l]	P _{total} [mg/l]
< 60	< 1.000 loc	150	40	-	-	-
≥ 60 până la < 300	≥ 1.000 până la < 5.000 loc.	110	25	-	-	-
≥ 300 până la < 1.200	≥ 5.000 până la < 20.000	90	20	10	18	-
≥ 1.200 până la < 6.000	≥ 20.000 până la < 100.000	90	20	10	18	2
≥ 6.000	≥ 100.000 loc.	75	15	10	18	1

¹⁾ Această cerință este valabilă la o temperatură de 12°C și mai mare, la evacuarea din reactorul biologic al stației de epurare. În locul limitei de 12°C poate fi aplicată o limitare temporală, de la 1 mai până la 31 octombrie.

Pentru stațiile de epurare mici (sub 50 locuitori), executate în serie, este suficientă o autorizare a variantei constructive, pentru a corespunde unor reguli tehnice recunoscute.

Toți parametrii pentru care s-au stabilit cerințe minime se determină pe baza probei omogenizate. CBO₅ (consumul biochimic de oxigen la 5 zile) se determină la o nitrificare impusă (tabelele nr. 2.9 și 2.10).

Tabelul nr. 2.10. Cerințele generale de calitate pentru ape curgătoare ale Oficiului pentru apă și deșeururi al Landului Renania de Nord-Westfalia (AGA), decret al Ministerului pentru Mediu, Ordine în Teritoriu și Agricultură din 14.5.1991

Categoria de calitate a apei	II	Unități de măsură
Indicele de saprobietate	1,8 – < 2,3	
Temperatura T _{max} : – ape reci vara – ape calde vara	25/3 28/5	°C/T _{G1} K °C/T _{G1} K
O ₂	≥ 6	mg/l
PH	6,5 – 8,5	
CBO ₅ (cu ATH)	≤ 5	mg/l
CCO	≤ 20	mg/l
TOC	≤ 7	mg/l
NH ₄ – N	≤ 1	mg/l
NO ₃ – N	≤ 8	mg/l
P, total	≤ 0,3	mg/l
Fe, total	≤ 2	mg/l
Zn, total	≤ 0,3	mg/l
Cu, total	≤ 0,04	mg/l
Cr, total	≤ 0,03	mg/l
Ni, total	≤ 0,03	mg/l
Pb, total	≤ 0,02	mg/l
Cd, total	≤ 0,001	mg/l
Hg, total	≤ 0,0005	mg/l
AOX	≤ 0,04	mg/l

Dacă la instalațiile cu iazuri biologice, care se dimensionează pentru un timp de trecere de 24 ore sau mai mult, proba este colorată evident prin alge, parametrii CCO și CBO₅ trebuie determinați pentru o probă fără alge, în care caz cerințele minime coboară cu 15 mg /l la CCO și cu 5 mg/l la CBO₅.

La capacități între 1.000 și 30.000 locuitori ar trebui luată în considerare soluția unor instalații de stabilizare aerobă și simultană. Schema tehnologică se rezumă la: grătar, deznisipator, bazine de mare capacitate cu nămol activ și decantor secundar.

Schema este completată cu rezervoare de nămol etanșate executate în pământ, care preiau zilnic excesul de nămol. Acesta va fermenta aici, devenind astfel apt

pentru a fi deshidratat; la acesta contribuie și înghețarea nămolului (vezi și cap. 2.1.1 și 2.1.2, precum și cap. 2.2). Pentru această schemă tehnologică, dimensionarea și volumul bazinului cu nămol activ se face la încărcarea cu nămol:

$$B_{S.U.} = 0,05 \frac{gCBO_5}{gS.U.zi} \quad (S.U. = suspensii uscate)$$

Rezervoarele de nămol fac posibilă valorificarea în agricultură a nămolului, funcție de perioadele de vegetație.

Comparativ cu o deshidratare mecanică staționară, acest procedeu (rezervoarele de nămol) este mult mai rentabil, costurile ajungând numai la jumătate.

Rezervoarele intermediare sunt necesare adesea și pentru alte sisteme de îndepărtare a nămolului decât cel al valorificării în agricultură. În vederea unei epurări avansate și rezervoarele intermediare pot fi completate cu lagune, care devin deosebit de eficiente atunci când la un indice ridicat al nămolului sau pe timp de ploaie decantoarele secundare nu mai rețin suficient nămolul activ.

În continuare vor fi prezentate (după Klaus R. și colab.) câteva componente ale stațiilor comunale de epurare, pentru aglomerațiile rurale (din experiența Asociației Ruhrului):

1° Iazuri biologice

În figura 2.27 se prezintă schematic o stație de epurare comunală cu iazuri biologice pentru o capacitate de 900 locuitori (după Klaus R.), pentru un cartier (Kleusheim) care în 1980 (anul proiectării) avea 600 locuitori ce erau deserviți de stații de epurare casnice.

Pentru epurarea în sistem centralizat s-au ales iazuri biologice aerate – pentru 900 locuitori – în perspectivă de 30 de ani, după realizarea completă a rețelei de canalizare. Capacitatea de înmagazinare (a stației, cu iazuri biologice) a fost dimensionată pentru debitul de apă uzată care va intra în stația de epurare pe timp secetos (la ora de vârf va fi $Q = 7 \text{ l/s}$, deoarece trebuie luate în calcul cantități mari de apă de infiltrație) și pe timp de ploaie (când debitul ce intră în stație ajunge la $Q = 70 \text{ l/s}$).

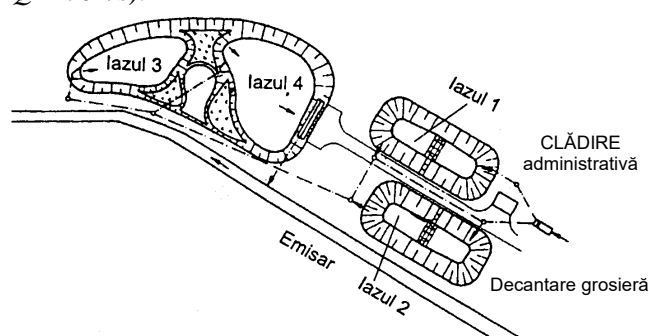


Fig. 2.27. Planul de situație al stației de epurare Kleusheim

Rezultă din figura 2.27 că este parcurs mai întâi un bazin pentru decantarea grosieră cu o capacitate de 20 m^3 . Urmează, două iazuri aerate, cu o capacitate de câte 960 m^3 fiecare, parcurse în paralel sau succesiv.

Pe timp de ploaie este posibilă o creștere a nivelului apei în iazuri, cu 40 cm (adâncimea normală a apei în iaz este de 3 m). În acest fel se creează un volum disponibil suplimentar de 450 m^3 .

Alimentarea cu oxigen se face prin aerare pneumatică cu bule fine. (Aeratoarele sunt amplasate în mijlocul bazinelor și printr-un dispozitiv plutitor creează vârtejuri de apă ce favorizează alimentarea cu oxigen).

Iazurile 3 și 4, care servesc drept decantare secundare, au un volum total de 1.400 m^3 (iazurile sunt realizate în pământ, cu taluzuri de $1/1,5$).

În literatura tehnică de specialitate (vezi exemplu Klaus R.) sunt înscrise datele necesare asupra *tim-pilor de trecere* (prin iazurile aerate 1+2, ca și prin iazurile decantare secundare 3+4), asupra parametrilor de calcul, asupra aportului necesar de aer al suflantelor, precum și unele costuri de investiții.

2° Instalație cu stabilizarea simultană aerobă a nămolului

Stabilizarea biologică a nămolului, studiată de olandezul Pasveer (1954) și perfecționată ulterior prin *șanțurile de oxidare* (fig. 2.28), se bazează pe ideea *înlocuirii diferitelor faze ale procesului de epurare tradițional printr-un proces de alimentare continuă cu oxigen*. În acest mod de tratare nu este epurată numai apa, ci este oxidat atât nămolul proaspăt intrat odată cu apa uzată, cât și nămolul activ format în procesul de epurare, astfel că nămolul în exces poate fi uscat direct pe locurile de uscare, fără emanare de mirosuri.

Șanțurile de oxidare au fost utilizate pentru capacitate până la 5.000 locuitori echivalenți.

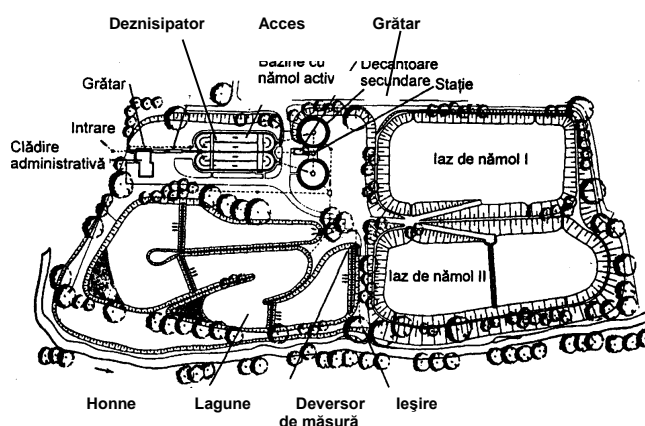


Fig. 2.28. Planul de situație al stației de epurare Neuenrade

Procedeele de tratare tehnologică sunt prezentate (după Klaus R.) în schema fig. 2.29.

În figura 2.29 se pot urmări componentele schemei tehnologice (ordinea de amplasare, dimensiuni etc.). Astfel: în primă fază de tratare, apa uzată trece printr-un *grătar* în contracurent. Cu ajutorul unei prese are loc reducerea volumului materialului reținut. Grătarul este amplasat într-un spațiu închis (o clădire) pentru evitarea emisiilor și mărirea siguranței în timpul iernii. Reținerile presate sunt trecute în containere cu capacitatea de $1,1 \text{ m}^3$ și apoi sunt depozitate.

Deznisipatorul longitudinal constă dintr-o cameră de reținere în care se separă atât nisipul cât și alte materiale anorganice (fig. 2.30 și v. fig. 2.29).

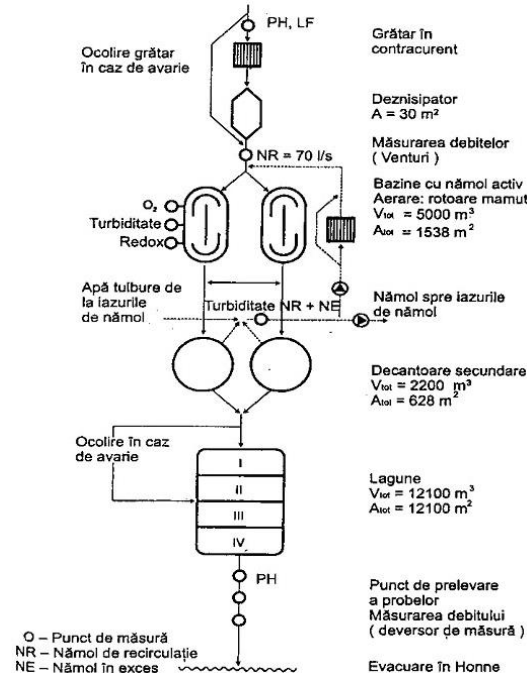


Fig. 2.29. Schema tehnologică a stației de epurare Neuenrade

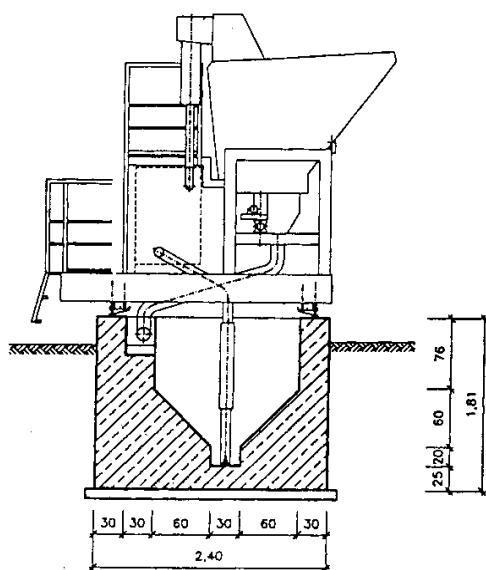


Fig. 2.30. Deznisipatorul în stația de epurare Neuenrade

Urmează conform schemei tehnologice din fig. 2.29: *venturimetrul*, pe canalul de legătură dintre deznisipator și bazinele cu nămol activ; *bazinele cu nămol activ*: 2 bazine ($V = 2 \times 2500 \text{ m}^3$), cu mișcare circulară (fig. 2.31 a, b).

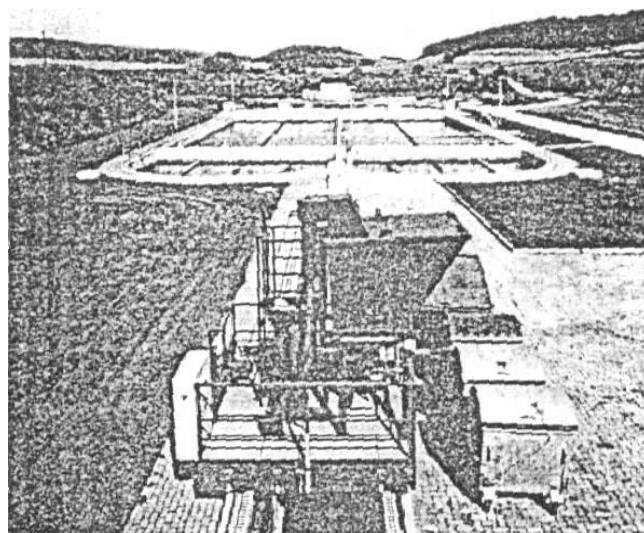


Fig. 2.31.a. Deznisipator și bazin cu nămol activ

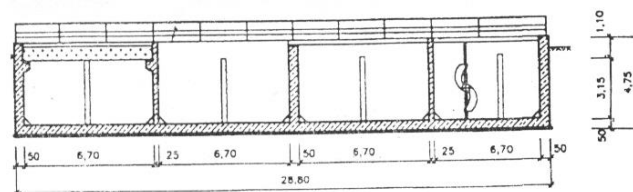


Fig. 2.31.b. Bazin cu nămol activ, secțiune transversală

Decantoarele, lagunele și punctul de prelevare

Încărcarea organică a nămolului se ridică la $0,05 \text{ kg.CBO}_5$. La scoaterea din funcțiune a unui bazin vara, pentru întreținere, încărcarea poate fi de 10 kg CBO_5 (kg.S.U. zi).

În *decantoarele secundare* (două cu $V = 2 \times 1100 \text{ m}^3$) – vezi fig. 2.29 – se realizează separarea nămolului activ de apa epurată.

Pentru reținerea materiilor plutitoare și compensarea vârfulilor de încărcare, apa epurată parcurge cele patru *lagune* ($V_T = 12.000 \text{ m}^3$) ca o treaptă de epurare avansată.

Laguna 1 poate fi ocolită în cazul evacuării nămolului. La ieșirea din lagune are loc măsurarea debitului.

Pentru eliminarea fosforului poate fi acționată o instalație de coagulare, atunci când biocomponentele – P – produse prin oprirea aerării nu sunt suficiente.

Iazurile de nămol (v. fig. 2.28) Nămolul în exces ajunge printr-o conductă ($D_n = 150$) în cele două iazuri de nămol. La o înălțime de umplere ($H_n \approx 3 \text{ m}$), cele două iazuri au c.c.a. 45.000 m^3 .

Clădirea administrativă (Asociația Ruhrului), o construcție cu un singur nivel (fig. 2.32), cuprinde: dispeceratul, alimentarea cu energie electrică, laboratorul, grupuri sanitare, atelier, clădirea grătarului și depozitul de materiale.

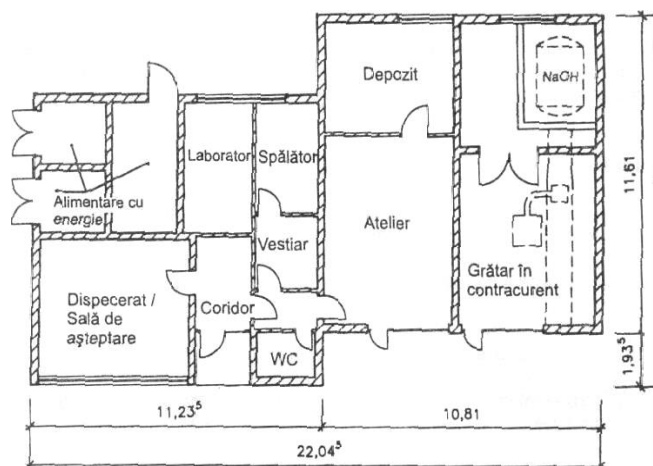


Fig. 2.32. Planul clădirii administrative

Problematika stațiilor comunale de epurare pentru aglomerații umane de dimensiuni mijlocii (10 mii – 17 mii locuitori), cu o serie de mici întreprinderi agro-alimentare și industriale (utilaje agricole, de irigații și de alt profil specific zonei – ca materii prime, ca cerințe, ca profilarea oamenilor din zonă etc.), de tipul celor din Germania de exemplu, vor conduce inevitabil și în viitorul (apropiat) sat românesc la cerințe și realizări similare celor din zona Ruhrului, Landul Westfalia de Vest.

Pentru asemenea considerente redăm prin tabelele nr. 2.11 și 2.12 o serie de date tehnice – de bază, pentru dimensionare (tabelul nr. 2.11), precum și pentru exploatare, luând ca exemplu Stația de epurare Neuenrade (tabelul nr. 2.12). Menționăm că la această stație este vorba de un nămol având drept componente și substanțe nocive provenite din industria locală (mici fabrici de produse metalice). Se specifică că nămolul deshidratat pe cale naturală nu poate fi folosit în agricultură. Pentru un asemenea caz se prevede continuarea deshidratării nămolului prin intermediul unor agregate mobile de deshidratare și transportul la o instalație centrală de ardere.

Tabelul nr. 2.11. Date tehnice de bază pentru dimensionare

Locuitori racordați și locuitori echivalenți	10 250 (17 500)
Debitul pe timp secetos, Q_s	55 l/s (100 l/s) ^{*)}
Debitul maxim, $2 Q_s$	200 l/s
Debitul maxim pe timp ploios, Q_m	200 l/s ^{*)}
Canalul de intrare	
Tub de beton	D_n 700
Clădirea grătarului și administrativă	

1 grătar automat în contracurent cu interspații de 15 mm lățime și presă pentru rețineri; stație de neutralizare cu soluție de sodă caustică (6 m ³)	
Conducere computerizată (SPS)	
Deznisipatorul	
Deznisipator orizontal cu un compartiment cu instalație de curățare a nisipului și rezervor pentru depozitarea nisipului	$L \times l \times h = 20,00 \times 1,50 \times 1,46$ m
Capacitate	16 m ³
Suprafață	30 m ²
Durata trecerii pe timp de secetă	4,8 min (2,7 min) ^{*)}
Durata trecerii pe timp de ploaie	1,3 min ^{*)}
Încărcarea superficială pe timp de secetă	6,6 m/h (12 m/h) ^{*)}
Încărcarea superficială pe timp de ploaie	24 m/h
Bazinele cu nămol activ	
Mișcare orizontală de rotație prin elice, alimentarea cu oxigen prin motoare de mare capacitate	
Bazin dublu cu zonă de denitrificare și nămol activ	$L \times l \times h = 60,65 \times 27,30 \times 3,95$ m
Capacitatea	5000 m ³
Durata de trecere pe timp de secetă	25,3 h (13,9h) ^{*)}
Durata de trecere pe timp de ploaie	6,9 h ^{*)}
Încărcarea organică a bazinului	0,117 kg CBO ₅ / (m ³ zi) 0,221 kg CBO ₅ / (m ³ zi) ^{*)}
Încărcarea organică a nămolului	0,026 kg CBO ₅ / (kg S.U. zi) 0,05 kg CBO ₅ / (kg S.U. zi) ^{*)}
Decantoarele secundare	
2 decantoare circulare cu poduri racloare	\varnothing 20 m, h=3,35 m/ 3,90 m
Capacitate totală	2200 m ³
Suprafață totală	628 m ²
Durata de trecere pe timp de secetă	11,1 h (6,1 h) ^{*)}
Durata de trecere pe timp de ploaie	3,05 h ^{*)}
Încărcarea superficială pe timp de secetă	0,32 m/h (0,57 m/h) ^{*)}
Încărcarea superficială pe timp de ploaie	1,15 m/h ^{*)}
Lagunele	
4 lagune, volumul în jur de	12.000 m ³
Adâncimea în medie	1 m
Durata de trecere pe timp de secetă	2 zile
Durata de trecere pe timp de ploaie	1 zi
Stație de pompe cu grătar pentru nămol	
2 pompe melc D_n 600 cu un debit în jur 60 l/s fiecare, pentru nămolul recirculat, grătar des cu curățire mecanică, cu interspații de 5 mm lățime, precum și presă pentru reținerile de pe grătar.	
Iazurile pentru nămol	
Capacitate totală	45.000 m ³
Înălțimea de umplere	3 m
Volumul intrat anual	2528 m ³ /an

^{*)}parametri de exploatare la capacitate maximă, pentru anul 2016

Tabelul nr. 2.12. Parametri de exploatare a stației de epurare Neuenrade (1993-1994)

Parametrul	n	Valoarea cu frecven- ța 50%	Valoarea cu frecven- ța 80%	Valoarea cu frecven- ța 90%
Q [l/s]	8	57	126	164
CBO ₅ – la intrare [mg/l]	8	183	215	232
CBO ₅ – la ieșire [mg/l]	8	3	3	5
CCO – la intrare [mg/l]	8	418	527	572
CCO – la ieșire [mg/l]	8	18	23	27
P _{total} – la ieșire [mg/l]	8	0,96	1,1	1,1
N _{anorg} – la ieșire [mg/l]	8	4,3	6,1	7,1

n = numărul probelor.

2.3.2. APORTUL AMENAJĂRILOR HIDRAULICO-AGRARE ÎN RECICLAREA ȘI DEPOZITAREA ECOLOGICĂ A DEȘEURILOR, PENTRU PROTECȚIA TERENURILOR – A MEDIULUI

1° Deșeurile: definire; legi; efecte; surse de deșeuri; surse de poluare

De la bun început trebuie să menționăm numele unor recunoscuți specialiști din România preocupați de problema **Deșeurilor**, cu implicații și tratamentele adecvate, la nivelul tehnicii mondiale: prof. dr. ing. Andrei Wehry, împreună cu prof. Mircea Orlescu și dr. ing. Mircea Mancea (de la Universitatea Politehnica Timișoara și Universitatea din Oradea), precum și dr. ing. Doina Sofrone. Materialele prezentate în acest capitol (2.3.2) se bazează pe lucrările acestor specialiști (publicații – 2000, proiecte – expertize și respectiv teză de doctorat – 1999).

Deșeurile sau reziduurile sunt resturi de diverse naturi (organice, anorganice, substanțe solide, lichide, gazoase etc.) rezultate din diverse procese tehnologice industriale, activități agricole, activități gospodărești și menajere, fluxuri de transport stradal etc.

Prin decizia 75/442 C.E. din 15.07.1975 (art.1) se consideră **deșeu** „*orice substanță sau obiect al căror deținător le aruncă, are intenția sau obligația de a le arunca*”.

Prin legea franceză din anul 1992, privitoare la acest domeniu, este considerat în final, un **deșeu** un rezultat sau nu, care nu mai poate fi prelucrat în condiții tehnice și economice actuale, prin extragerea părții utile sau prin reducerea caracterului său dăunător.

Efectele nocive ale deșeurilor (poluare, impurificare), dar mai ales cele determinate de depozitarea necorespunzătoare a deșeurilor, sunt determinate de:

emanațiile de gaze nocive (gazele produse de fermentare), având ca efect poluarea aerului; **scurgerile și infiltrațiile** din precipitații și infiltrațiile substanțelor în diluție, din umiditatea (levigarea) deșeurilor, cu efecte asupra poluării apelor (de suprafață și freatică), precum și a solurilor din zonele respective.

În funcție de sursa – proveniența lor, **deșeurile** pot fi încadrate ca:

- a) deșeuri urbane (menajere, stradale, comerciale și sanitare);
- b) deșeuri industriale;
- c) deșeuri din construcții;
- d) deșeuri agro-industriale;
- e) deșeuri speciale (din grupa explozibililor, substanțelor radioactive, izotopi radio-activi etc.).

Sursele de poluare (agenții de poluare) cele mai importante atât prin cantitățile evacuate, cât și prin gradul de toxicitate se pot grupa (A. Wehry):

- **activități industriale** (energetică, siderurgică – cu halde de zguri, slamuri, cenuși, fenoli, cianuri, amoniu, ape acide, acizi, baze, metale grele);
- **industria chimică** (anorganică, organică – acizi, baze, fenoli, mercur, petrol, detergenți);
- **industria materialelor de construcții** (ciment, azbest, suspensii minerale, acizi, baze, carburanți);
- **industria extractivă** (halde de steril, nămoluri de la flotație, noroaie de foraj, materiale de cimentare, petrol brut, metale grele, acizi, baze, cianuri);
- **gospodării comunale** (platforme și rampe de nămoluri ale stațiilor de epurare sau tratare, rampe de gunoi, rețele de canalizare necorespunzător etanșate sau întreținute);
- **activități agricole** a culturilor de câmp sau cea zootehnică (îngrășăminte, pesticide, resturi vegetale, dejecții animaliere cu evacuări și stocări necorespunzătoare);
- **fluxuri rutiere sau feroviare** (accidente, depozități necorespunzătoare, depozite de carburanți, cimitire auto, antoschrot-uri ș.a.).

2° Presortarea, reciclarea, transportul și depozitarea deșeurilor. Măsuri

Prin cantitatea și nocivitatea deșeurilor asupra mediului (ape de suprafață și freatică, sol, aer), ce pot produce dezechilibre ecologice, se impun măsuri intense, printre care:

- a) colectarea și presortarea igienică a reziduurilor menajere în pubele și containere (bine acoperite, pentru a nu fi accesibile rozătoarelor și insectelor);
- b) îndepărtarea în timp cât mai scurt în afara localităților a reziduurilor colectate, cu ajutorul unor mijloace care să le asigure transportarea igienică;
- c) depozitarea controlată și tratarea corespun-

zătoare a reziduurilor colectate prin neutralizarea lor prealabilă;

d) recuperarea reziduurilor reutilizabile și prelucrarea lor, după o prealabilă neutralizare;

e) utilizarea în agricultură ca îngrășământ natural (organic) a deșeurilor (menajere și agro-zootehnice) după o prealabilă tratare și decontaminare;

f) incinerarea reziduurilor uscate, în scopul producerii de energie termică.

Calculul debitului (cantității) total mediu zilnic ($Q_{t,d}$) de deșeuri aferente unei localități, se poate determina prin relația:

$$Q_{t,d} = \frac{1}{\rho_d} (Q_{zi,med} + Q_{s,med}) \quad (1)$$

în care:

ρ_d (t/m^3) - densitatea medie aparentă a reziduurilor (în medie, $\rho_d = 0,500 t/m^3$);

$Q_{zi,med}$ (t/zi) - debitul mediu zilnic al reziduurilor menajere, colectabile din zona (localitatea respectivă);

$$Q_{zi,med} = \frac{N_l \cdot I_m}{1000} \quad (t/zi) \quad (2)$$

N_l (loc) - numărul locuitorilor aferent centrului de colectare (depozitului de deșeuri);

I_m (kg/loc. zi) - cantitatea medie zilnică de deșeuri menajere pe care o produce un locuitor

($I_m \approx 0,80$ kg/loc. zi);

$Q_{s,med}$ (t/zi) - debitul mediu zilnic al deșeurilor (reziduurilor) stradale;

$$Q_{s,med} = S I_s \quad (t/zi) \quad (3)$$

S (ha) - suprafața stradală totală a localității;

I_s ($t/ha.zi$) - cantitatea unitară medie zilnică a reziduurilor stradale;

($I_s \approx 0,15 t/ha.zi$).

Calculul numărului total de pubele necesar salubrității localității:

$$Q_{s,med} = S I_s \quad (4)$$

în care:

t_g (zile) - timpul salubru necesar golirii unei pubele (3 zile);

V_p (m^3) - volumul unei pubele ($V_p = 0,1 m^3$);

C_u - coeficientul admis de umplere a pubelei (0,90).

Număr total necesar al autovehiculelor colectoare pe zi și schimb (8 ore), pentru ridicarea deșeurilor:

$$N_{a,sch} = \frac{\alpha N_p m_p}{t_g N_{t,sch} M_a} \quad (5)$$

în care:

α - coeficient al degradării pubelelor ($\alpha = 1,05$);

m_p (kg) - masa de reziduuri ce poate fi colectată

într-o pubelă ($m_p = 50$ kg);

$N_{t,sch}$ - numărul normat al transporturilor, posibil

a fi efectuat de un autovehicul colector, pe zi, într-un schimb de 8 ore ($N_{t,sch} = 8$);

M_a (kg) - cantitatea (masa) totală de reziduuri ce poate fi colectată de un autovehicul:

$$M_a = n_p \cdot m_p = 28 \cdot 50 = 1.440 \text{ kg} \quad (6)$$

n_p - numărul de pubele care pot fi depozitate într-un autovehicul.

3° Depozitele de deșeuri ecologice.

Condiții generale

Conform legislației românești (aliniață normelor C.E. prin S.R.13343/96), se pot diferenția:

a) după *natura deșeurilor*:

- depozite de deșeuri *menajere* ;
- depozite de deșeuri *speciale* ;
- depozite de deșeuri *inerte* ;
- *monodepozite*.

b) după *conținutul în substanțe organice*:

- depozite de *clasa I* (când reziduurile sunt de natură minerală sau cu un conținut foarte redus de materii organice, având ca rezultat nesemnificativ de substanțe poluante asupra mediului);

- depozite de *clasa a II-a* (când deșeurile au un conținut ridicat în substanțe organice și în procesul de descompunere generează cantități apreciabile de substanțe poluante (nocive) pentru mediu, depozitele reclamând în acest caz măsuri speciale de izolare/etanșare);

c) după *permeabilitatea stratului superficial* (acoperișului):

- depozite *deschise*, cu strat de acoperire permeabil, pentru precipitații și gaze emanate din corpul depozitului de deșeuri;

- depozite *închise*, dacă se asigură etanșarea față de precipitații și gaze.

1) **Părțile componente** ale oricărui depozit de deșeuri sunt (fig. 2.33):

- a) radierul;
- b) corpul;
- c) acoperișul;
- d) digurile de compartimentare.

2) **Amplasamentul** oricărui depozit de deșeuri menajere și de alte componente impune următoarele condiții:

- să permită deservirea mai multor sectoare (cartiere, sate, locații);

- să prezinte stabilitate la condiții de mediu;

- amplasamentul să nu prezinte condiții de alunecare, să nu se afle în prezența unor izvoare;

- structura geologică să nu prezinte falii sau formațiuni carstice sub amplasament;

- nivelul apelor subterane față de cota radierului să se afle la o adâncime mai mare de 5 m;

- să excludă pericolul inundării sau spălării prin apele de viitură, din perimetrul amplasamentului;

- să evite zone de cabluri subterane (electrice, telefonice) și de alte rețele de utilități subterane (apă, canalizare, gaze, petrol) sau supraterane (linii electrice de joasă și înaltă tensiune);

- să evite zonele de seismicitate maximă (fig. 2.34).

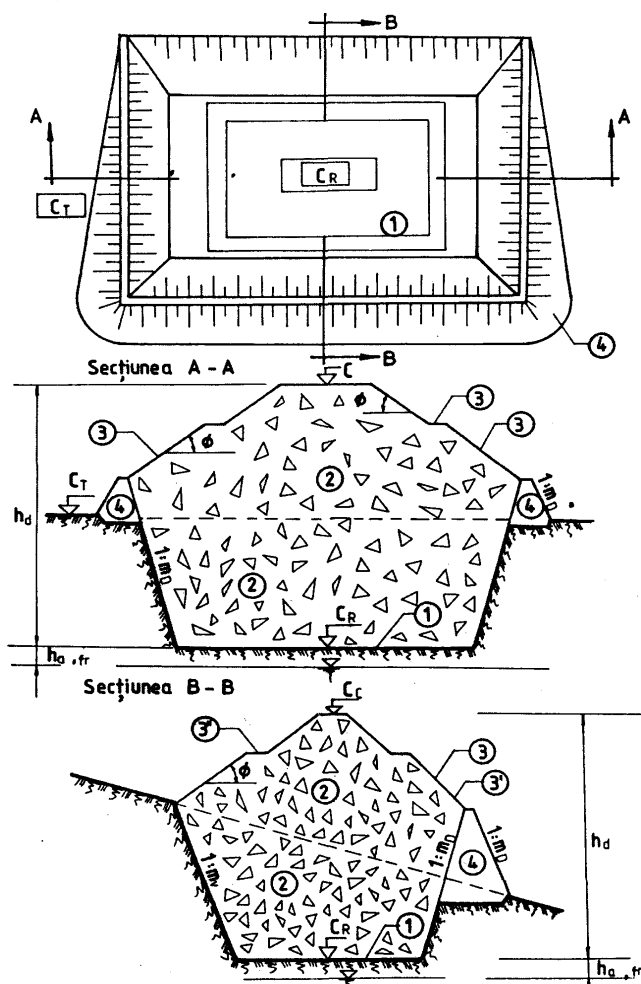


Fig. 2.33. Alcătuirea generală a unui depozit de deșeuri



Fig. 2.34. Harta zonelor seismice din România

4° Schema generală a unui depozit ecologic de deșeuri

Întrucât tematica lucrării de față se referă în mod deosebit la „Dezvoltarea durabilă a mediului rural, prin amenajări hidro-agricole”, în continuare vom acorda primul rol „deșeurilor menajere” de natură organică.

În fig. 2.35 se prezintă schema generală a unui depozit de deșeuri.

În organizarea depozitelor de deșeuri trebuie să se aibă în vedere că depozitele mici sunt mai costisitoare decât cele mari (fig. 2.36).

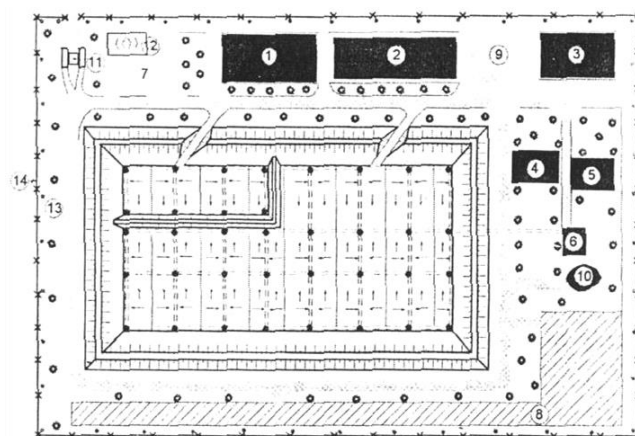
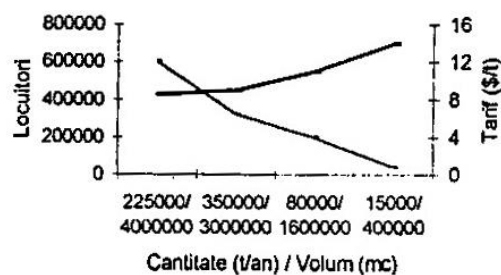


Fig. 2.35. Schema generală de amenajare a unui depozit de deșeuri: 1 – Clădire administrativă; 2 – Magazin; 3 – Stație sortare; 4 – Stație de biogaz; 5 – Stație de epurare; 6 – Bazin colector pentru levigat; 7 – Parcare; 8 – Zona de împrumut pentru strate de acoperire; 9 – Platformă tehnologică; 10 – Iaz de mineralizare; 11 – Cabina poartă și platforme pentru cântărire; 12 – Post de TRAFU; 13 – Plantație de protecție; 14 – Împrejmuire



Legenda

— Cantitate
— Tarif

Nota

Pentru București s-a luat în considerare depozitul amplasat în zona Giulești-Sarbi, care va deservi circa 600000 locuitori

Fig. 2.36. Influența capacității de depozitare asupra costului (după Doina Sofrone, 1999 pentru depozitele Pitești și Sighișoara).

Conceptul de depozitare implică probleme de etanșare (a bazei depozitului) și de drenare a levigatului format.

Concepția modernă de depozitare presupune utilizarea unor etanșări multistrat însoțite de drenaj (fig. 2.37).

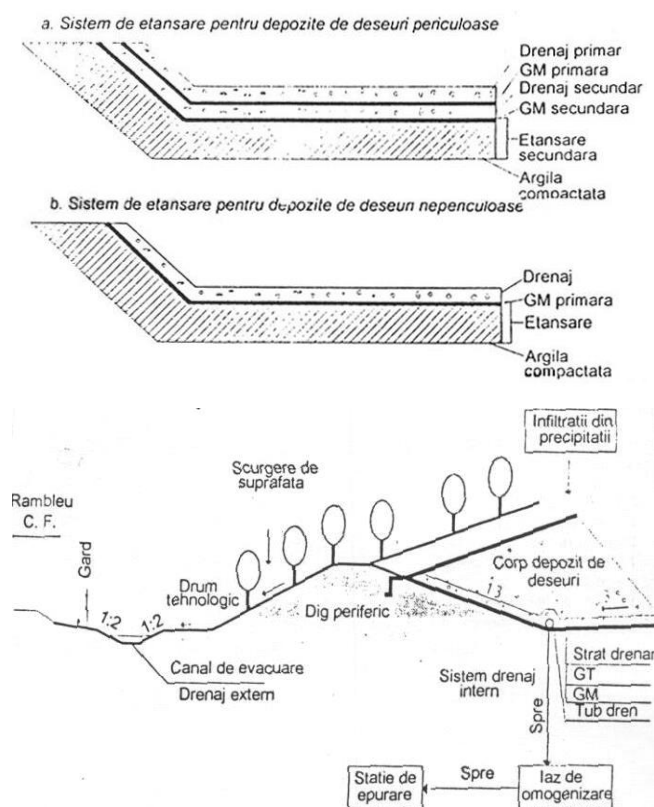


Fig. 2.37. Sisteme de drenaj intern și extern într-un depozit controlat

5° Soluții constructive de depozitare a deșeurilor

Evoluția conceptului de depozitare a pornit de la depozitele de deșuri *tradiționale* la depozitele *sanitare*.

Depozitele tradiționale de deșuri lucrează pe principiul de atenuare a efectului, bazându-se pe ideea că levigatul se scurge pe amplasament, cantitatea acestuia neinfluențând asupra factorilor de mediu.

Depozitele sanitare – care sunt prezentate și în lucrarea noastră (cap. 2) – se caracterizează printr-o pregătire atentă a fundației și taluzurilor (vezi fig. 2.37 a, b; tabelul nr. 2.13 și fig. 2.38 a, b, c), printr-o compactare energetică a deșeurilor în celule, cu acoperire.

Tabelul nr. 2.13. Caracteristicile straturilor din figura 2.37

Caracteristici straturi	Grosime mm	k m/s	y kN/m ³	φ°
Deșuri	1x10 ⁴ -8x10 ⁴	5x10 ⁻² -1x10 ³	1,0-1,2	25-30
Strat mineral	400-500	10 ⁻²	1,7-1,8	35
Geomembrană	1,5-2,5	10 ⁻¹¹	0,9-1,2	-
Argilă compactată	500-700	10 ⁻⁹	1,9-2,0	11-15
Teren natural de fundare	min. 4,5x10 ³	10 ⁻⁶	1,7-1,8	17-19

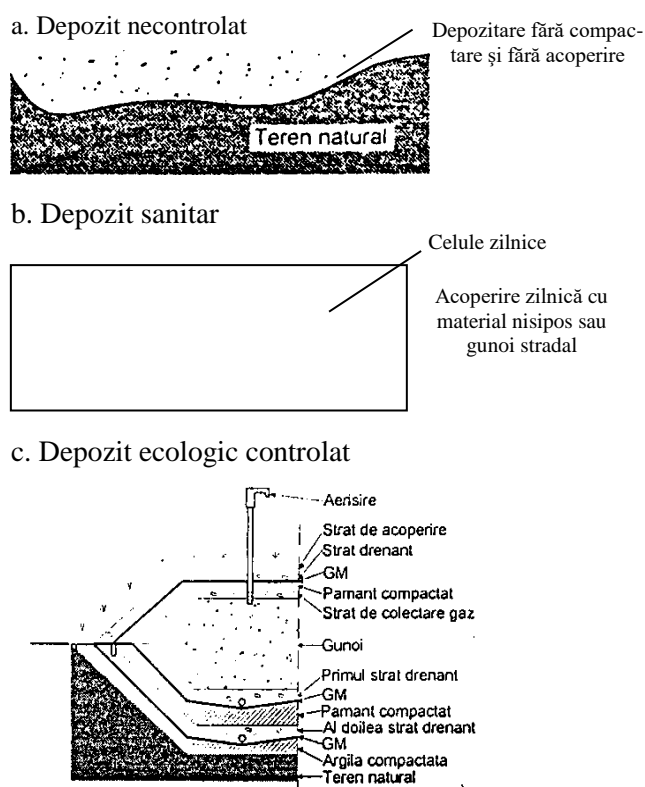


Fig. 2.38 a, b, c. Evoluția conceptului de depozitare

Depozitarea, în soluție modernă – sanitară, presupune **etanșarea** bazei depozitului, cu instalarea unui sistem energetic de **drenaj** și a unui sistem de monitoring adecvat.

În fig. 2.39 a, b, c, d (după dr. ing. Doina Sofrone), se poate urmări evoluția conceptului de depozitare, de la depozitarea simplă, la depozitele ecologice moderne.

Depozitele, care pot fi în rambleu sau debleu sau mixt (v. fig. 2.39 a, b, c, d) și înălțimea acestora, sunt dictate de condițiile de amplasament, de caracteristicile terenului de fundare, dar și de o compensare a lucrărilor de terasamente, care să conducă la o capacitate de depozitare cât mai mare.

Soluțiile de depozitare de deșuri se face (în strate compacte) în incinte (depozite) căptușite, cu un control atent al levigatului și al gazelor de fermentare (CO₂ și CH₄).

În fig. 2.40 se prezintă diferite soluții de procesare pentru deșeurile menajere.

Procentajul de **depozitare** (folosit și în România din ce în ce mai mult), în raport cu alte metode de eliminarea deșeurilor se prezintă astfel:

- în S.U.A. 60%
- în Comunitatea Europeană 70%
- în Japonia 38%

În fig. 2.41 se prezintă o evaluare a costurilor (după JICA) pentru eliminarea deșeurilor, în București.

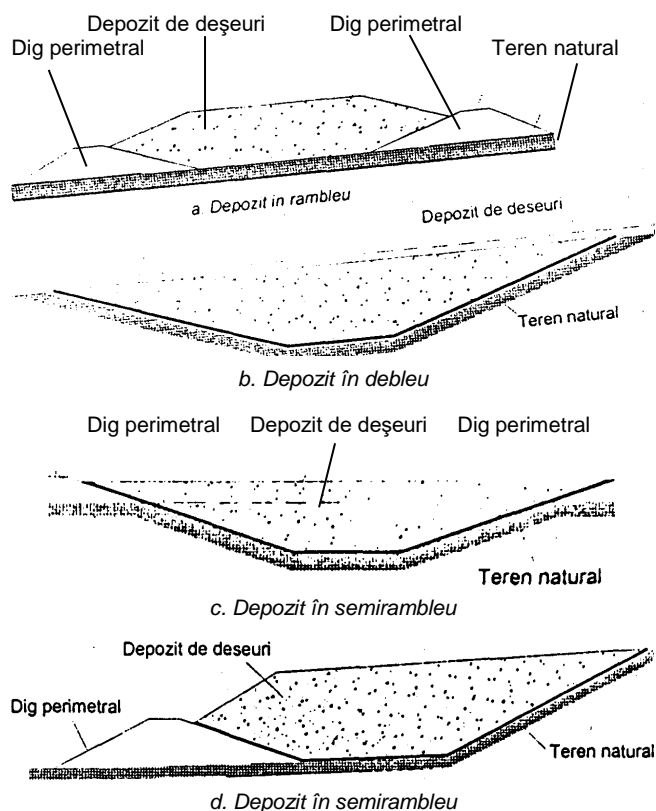


Fig. 2.39 a, b, c, d. Soluții constructive pentru depozite de deșeururi

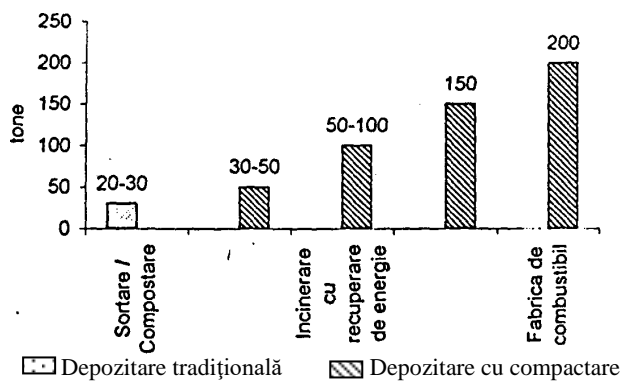


Fig. 2.40. Soluții de procesare pentru deșeurii menajere

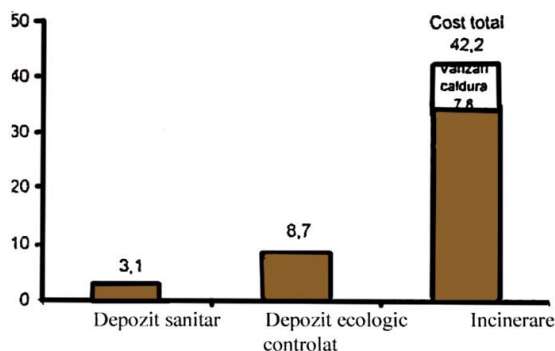


Fig. 2.41. Evaluarea costurilor pentru eliminarea deșeurilor
Sursa: Studiul privind Sistemul de Administrare a Deșeurilor Solide în Municipiul București efectuat de JICA.

Stocarea deșeurilor menajere în depozite prezintă o serie de avantaje, printre care:

- a) costuri relativ mici în comparație cu alte procedee de eliminare a deșeurilor;
- b) gazele de fermentare obținute (metanul) pot fi exploatate.

Există desigur și unele riscuri, în condițiile unor amenajări sau exploatări deficitare, printre care:

- a) riscul contaminării cu levigat;
- b) riscul poluării apei freatică.

6° Materiale și instalații utilizate în construcția depozitelor ecologice de deșeururi

Ținând seama de gradul ridicat al agresivității chimice al unor deșeururi, precum și de potențialul poluator al altora, rezultă concluzia asupra rezistenței și caracteristicilor materialelor și instalațiilor specifice construcției acestor depozite.

Studiile și rezultatele obținute până în prezent asupra comportării depozitelor realizate recomandă materialele *geosintetice* și instalațiile fabricate din *polimeri*.

Proprietățile materialelor geosintetice le asigură – în prezent – avantaje, în comparație cu materialele clasice, în construcții civile, industriale, hidrotehnice, hidroedilitare etc.

Principalii polimeri folosiți pentru obținerea geosinteticele (GS) sunt: *polietilena* (PE) de joasă, medie și înaltă densitate (HDPE); *polipropilena* (PP); *poliesterul* (PS); *poliamida* (PA); *policlorura de vinil* (PVC).

În funcție de rolul pe care trebuie să-l aibă în construcția depozitelor de deșeururi (menajere, în special), *geosinteticele* se clasifică:

a) **Geotextilele** (GT), ce au ca principală funcțiune filtrarea și *drenajul*. Există și GT cu durată limitată de funcțiune (de viață); acestea sunt GT biodegradabile;

b) **Geomembranele** (GM), care au ca principală funcțiune *etanșarea*;

c) **Geogrițele** (GG) – *georețelele* (GR) utilizate în principal pentru *armare* și consolidare (ranforsare);

d) **Geocompositele** (GC), care pot îndeplini una sau mai multe funcțiuni, fiind în concluzie, combinații între primele trei grupe sau și cu alte materiale.

Normele tehnice, privind utilizarea geotextilelor și geomembranelor la lucrările de construcții, în România, sunt publicate în Buletinul de Construcții vol. 3/1989 (C-227 –88).

În fig. 2.42 și fig. 2.43 se prezintă tehnica utilizării geosinteticele la căptușirea depozitelor de deșeururi (fig. 2.42), respectiv – pentru comparație – se prezintă și soluția etanșării cu argilă (fig. 2.43).

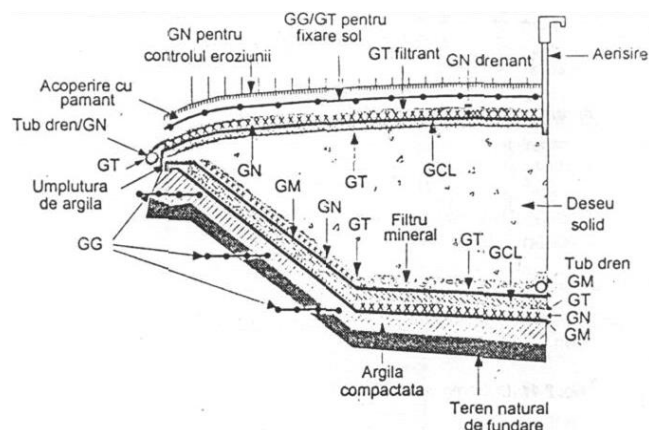


Fig. 2.42. Utilizarea geosinteticelor la căptușirea depozitelor de deșeuri

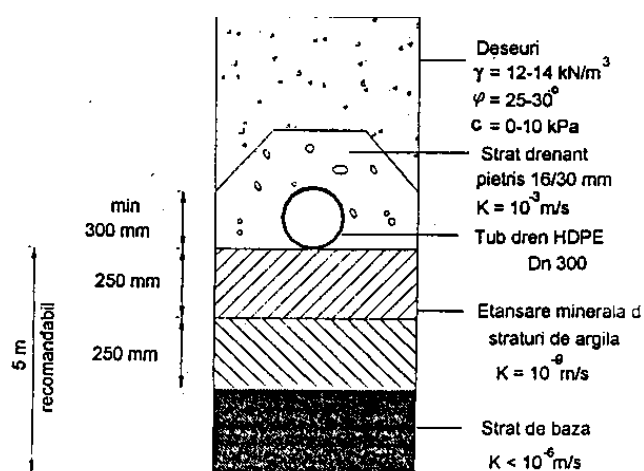


Fig. 2.43. Schema de etanșare cu argilă pentru depozite de clasa I

Colectarea celor două principale elemente rezultate din depozitul de deșeuri menajere: *levigatul* și *biogazul*, se asigură, în depozitele ecologice moderne, prin *drenuri* (fig. 2.44 a, b) și prin *instalații speciale de colectare* a gazelor de fermentare (fig. 2.45).

Ca exemplu, sunt reprezentative, în România, ca depozite ecologice cele din București (Giulești), Sighișoara, Brăila, Pitești.

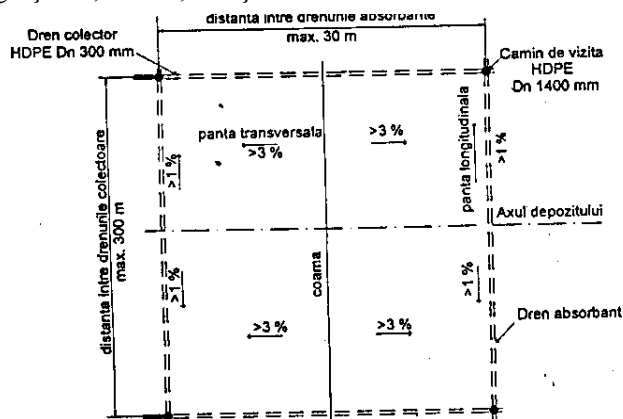


Fig. 2.44. Amplasarea drenurilor: a – vedere în plan.

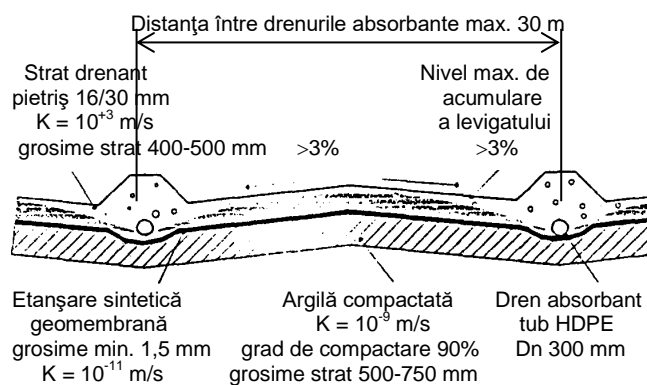


Fig. 2.44. Amplasarea drenurilor: b – secțiune transversală.

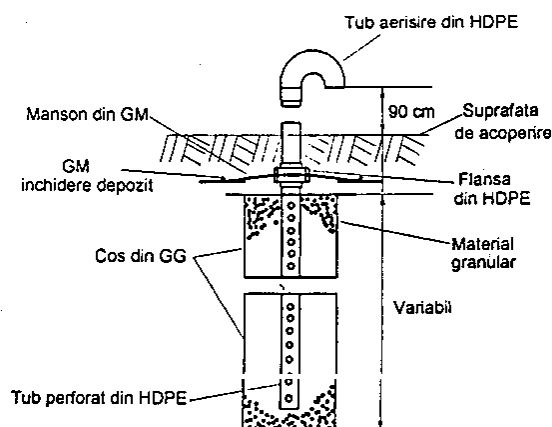


Fig. 2.45. Secțiune prin instalație de colectare și evacuare a gazelor de fermentare

2.3.3. DRENAJUL DEPOZITELOR DE DEȘEURI CU VARIANTE CONSTRUCTIVE ALE RADIERULUI ȘI ACOPERIȘULUI. SOLUȚII ÎN STUDIILE PENTRU TEZA DE DOCTORAT A ING. MIRCEA MANCEA (sub coordonarea prof. dr. ing. A. Wehry – Facultatea de Hidrotehnică, Universitatea Politehnică Timișoara)

1° Variante constructive ale alcătuirii radierului și acoperișului unui depozit de deșeuri

În conformitate cu rolurile funcționale menționate, radierul unui depozit ecologic de deșeuri trebuie să asigure :

1. stabilitatea terenului de fundație (inclusiv a zonelor de taluz) asupra căruia transmite încărcările;
2. etanșeitate pe întreaga suprafață de contact cu terenul de fundație ($K = 0$);
3. drenajul, adică colectarea, transportul și evacuarea lixiviatului.

În consecință, pentru alcătuirea constructivă a radierului, este necesară utilizarea după caz a următoarelor materiale:

1. geocelule plus piatră de râu sau piatră spartă, biosaltelele, geogridurile, geomembranele cu rugozitate, geotextilele (rol separat sau de protecție);

2. argilă compactată (în trei straturi), geomembrană, bentofix;

3. drenuri absorbante HDPE, piatră de râu sort 16/32 mm, geocompozite (secudran), geotextile (rol infiltrant).

Alcătuirea (stratificația / tipurile de materiale) radierului unui D.D. este dependentă în primul rând de compoziția deșeurilor, de gradul de toxicitate, dar și de disponibilități referitoare la posibilitățile de procurare a unor anumitor tipuri de materiale.

Conform criteriului gradului de toxicitate, deșeurile se împart în două clase.

Clasa I, aferentă deșeurilor obișnuite, care conțin un procent foarte redus sau deloc substanțe toxice (menajere, agricole biodegradabile).

Clasa II, aferentă deșeurilor cu grad mediu sau mare de toxicitate, deci cu potențial ridicat de poluare a solurilor și apelor subterane (miniery, industriale, zoo-tehnice).

Conform acestei clasificări, și alcătuirea constructivă a stratificației radierului se împarte în două clase I și II (I cu bariera simplă de etanșare și II cu bariera dublă etanșare), fiecare dintre ele cu două sau mai multe variante, conform posibilităților tehnico-economice (fig. 2.46 și 2.47).

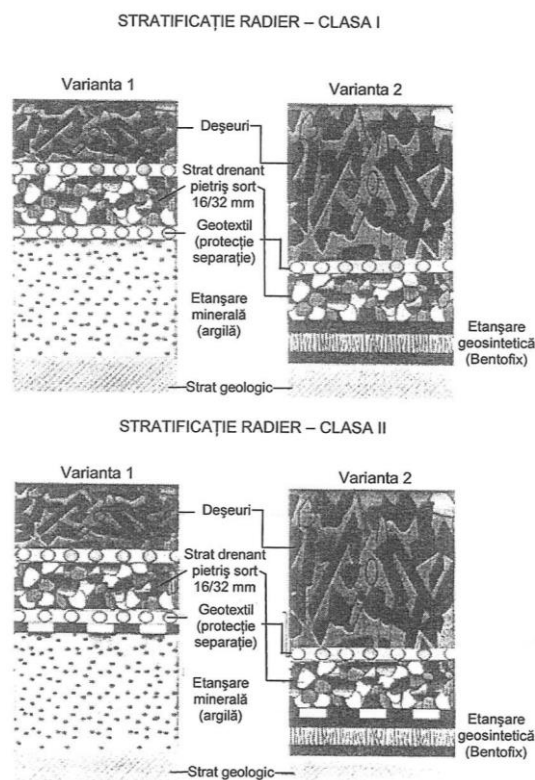


Fig. 2.46. Tipuri de stratificații ale radierelor depozitelor de deșeururi

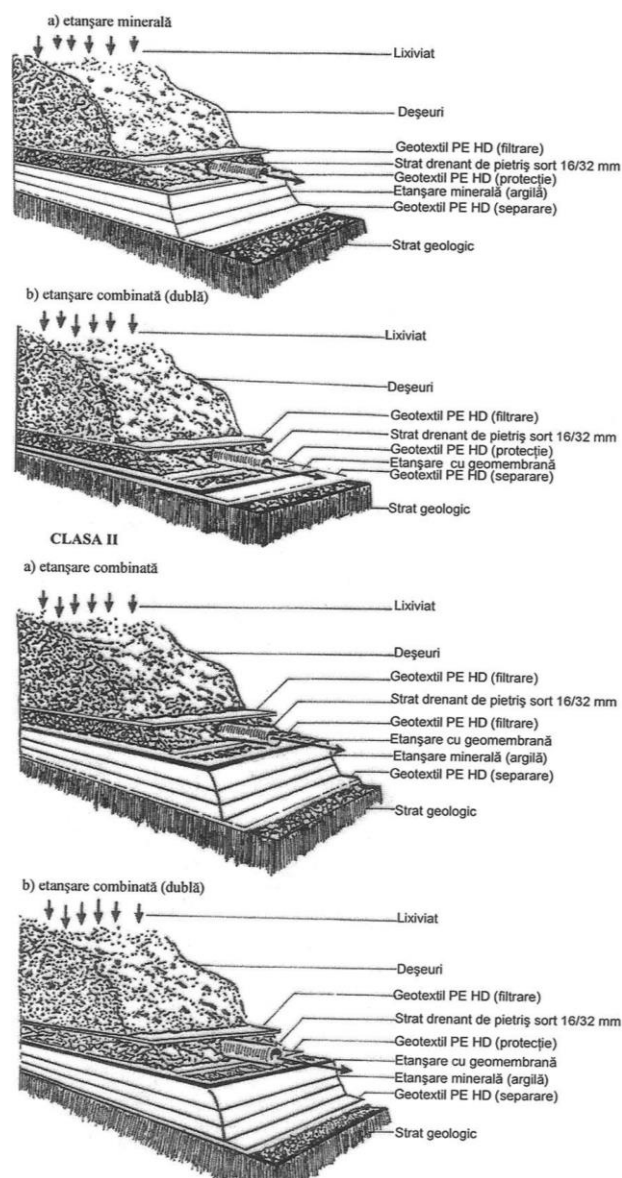


Fig. 2.47. Stratificații tip ale depozitelor ecologice de deșeururi

Rolurile funcționale impuse acoperișului unui depozit ecologic de deșeururi, și anume:

1) bariera infiltrațiilor rezultate din precipitații (ploi, zăpezi), colectarea și evacuarea acestora în afara perimetrului depozitului;

2) captarea, transportul și colectarea gazelor rezultate din procesul descompunerii deșeurilor (biogazului);

3) încadrarea ecologică în mediul înconjurător al zonei;

În consecință, pentru alcătuirea constructivă a stratificației acoperișului, se recomandă, după caz, utilizarea următoarelor tipuri de materiale și instalații:

1) geomembrane, bentofix, argilă compactată, pietriș sort 16/32 mm, geocompozite (secudran, terra-fix), drenuri absorbante HDPE;

2) pietriș sort 16/32 mm, nisip, geocompozite (secudran), puțuri absorbante, geomembrane, bentofix;
3) pământ vegetal, materiale biologice de protecție (iarbă, arbuști).

Spre deosebire de radier, acoperișul necesită în totdeauna două bariere de etanșare, una pentru etanșare la precipitații, iar cealaltă pentru izolarea și captarea eficientă a biogazului. De asemenea, se recomandă evitarea pe cât posibil a folosirii argilei ca material de execuție a uneia dintre barierele de etanșare ale acoperișului. Aceasta, pentru că cel mai adesea argilele prezintă inconvenientul contractilității, deci riscul formării fisurilor/crăpăturilor, inconvenient care evident compromite funcțiunea de etanșare, fără a mai aminti și de inconvenientul reducerii volumului util al depozitului.

Variante posibil de alcătuire a stratificației acoperișului sunt prezentate în fig. 2.48 și 2.49.

Eterogenitatea stratificației atât a acoperișului cât și a radierului este adeseori cauza instabilității zonelor în taluz ale acestora (lunecări între straturi), mai ales în perioadele cu umiditate variabilă. Pentru rezolvarea unor astfel de situații se recomandă intercalarea între straturile critice a geogriurilor sau utilizarea geomembranelor cu rugozitate.

De asemenea, în cazul unei capacități stabilite a terenurilor de fundație se recomandă utilizarea geocelulelor în stratificația radierului (la baza acestuia).

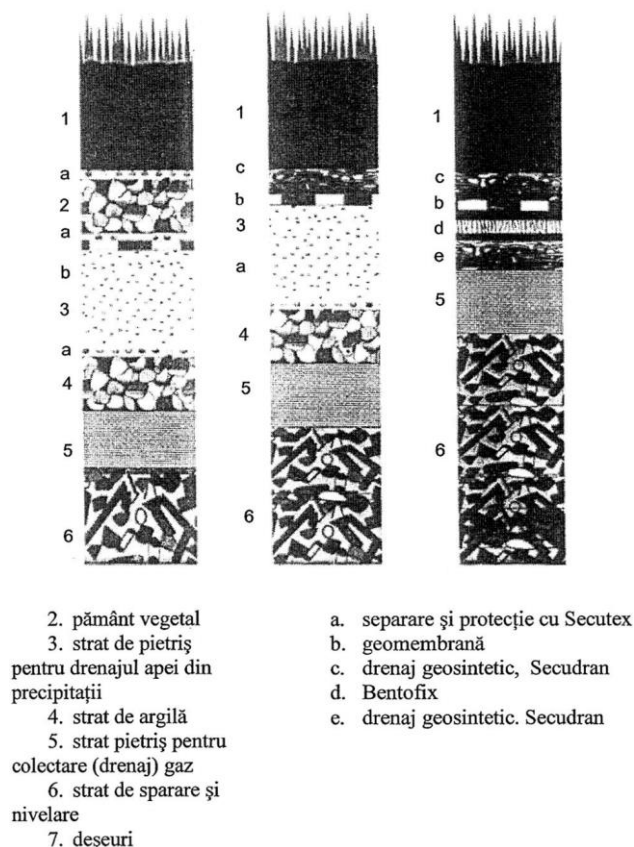


Fig. 2.48. Stratificații tip ale depozitelor ecologice de deșeuri

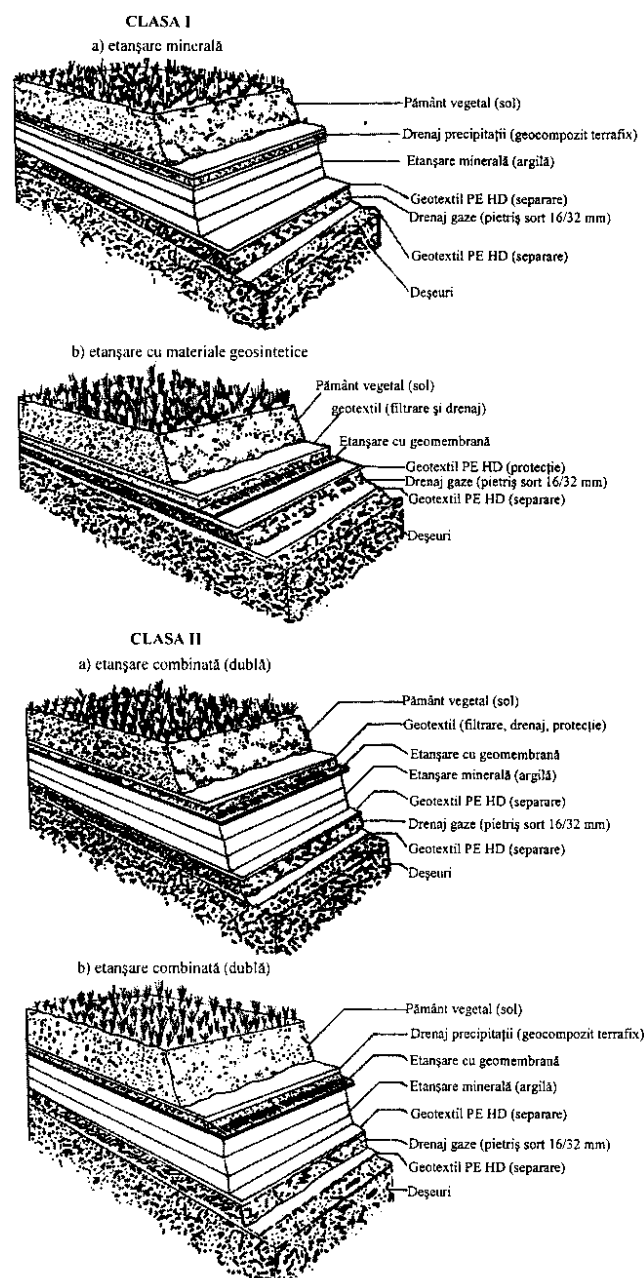


Fig. 2.49. Variante de alcătuire ale stratificației acoperișului depozitelor ecologice de deșeuri

Dat fiind specificul acestor două situații, poziționarea >GG, GM cu rugozitate și a geocelulelor nu a fost prezentată în descriere în fig. 2.46-2.49.

2° Drenajul interior și exterior al depozitelor de deșeuri

1/ Dimensionarea filtrului de geotextil

Alegerea și dimensionarea filtrului trebuie făcută folosind curba granulometrică a solului care urmează a fi drenat. O asemenea curbă granulometrică este prezentată în fig. 2.50 și pentru aceasta se exemplifică măsura în care particulele de sol urmează a fi protejate cu geotextil.

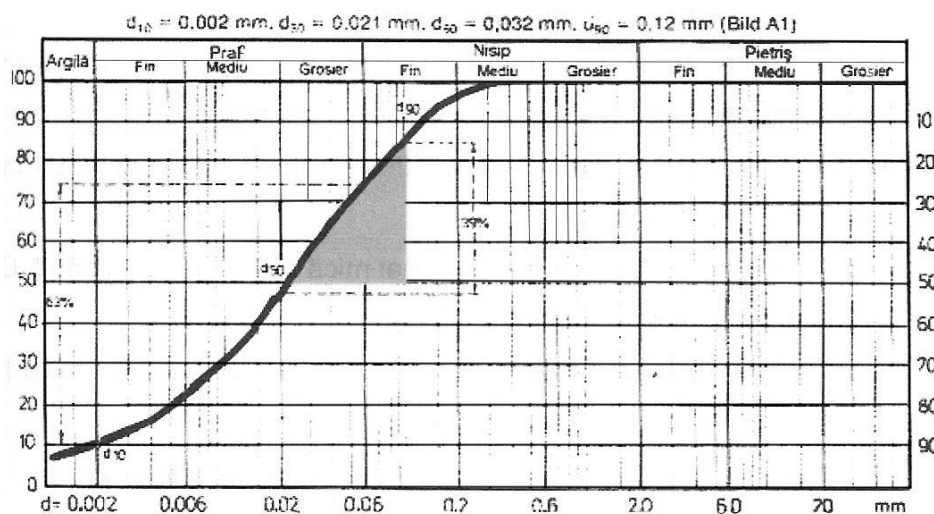


Fig. 2.50. Curba granulometrică

Conductivitatea hidraulică a acestui sol, de tip loess-argilos de $K = 1 \cdot 10^{-9}$ m/s încărcat cu sarcină hidrostatică; $d_{10} = 0,002$ mm, $d_{50} = 0,021$ mm, $d_{60} = 0,032$ mm, $d_{90} = 0,12$ mm, rezultă că acest sol după DVWK se încadrează la granulometria A, adică $d_{40} < 0,06$ mm, se aplică 3 criterii care dacă sunt satisfăcute, cel puțin unul dintre ele, solul are o mare mobilitate a particulelor și necesită un geotextil pentru reținerea lor.

Criteriul 1: Pentru mărimea particulelor $< 0,06$ mm este necesar ca $d_{60}/d_{10} < 15$, calculându-l din curba granulometrică rezultă: $\frac{0,032 \text{ mm}}{0,002 \text{ mm}} = 16$, deci criteriul **nu este satisfăcut**.

Criteriul 2: Particulele cuprinse între 0,02 mm $< d < 0,1$ mm să fie peste 50% din curba granulometrică rezultă doar 39% figura 50, deci criteriul **nu este satisfăcut**.

Criteriul 3: Plasticitatea solului din studiile de laborator are indicele $lp < 15$ și 10% funcție cu raportul: argilă prafului $= \frac{10\%}{63\%} = 0,16 < 0,5$, deci criteriul **este satisfăcut**.

Din **criteriul 3** rezultă că acest loess-argilos are o mare mobilitate a particulelor și este necesar un filtru din geotextil.

Pentru aceste soluri, cu o mare mobilitate a particulelor, care vor fi protejate cu un geotextil, trebuie respectate condițiile pentru coeficientul de încărcare hidrostatică CH care trebuie să fie: $CH < 10 \cdot d_{50}$; calculând, rezultă 0,21 mm – și: $CH < d_{90}$ – care este 0,12 mm.

Pentru siguranță alegem o valoare mai mică cu 0,8-1, rezultând: $CH = (0,1 = 0,12)$ mm, corespunzând

du-i valoarea 0,1 mm.

Grosimea necesară a geotextilului este: (25-50) CH, deci: $d = 50 \cdot 0,1 = 5$ mm.

Se alege un geotextil tip GT800, cu următoarele caracteristici:

- grosimea 6 mm;
- densitatea $1,38 \text{ g/cm}^3$;
- proporția porilor $n = 0,9$;
- permeabilitatea $K_f = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ la o încărcare de 2 KPa.

Confirmarea eficienței filtrului din geotextil se face calculând produsul:

$$n \cdot d \cdot CH = 0,9 \cdot 0,1 = 0,09 \text{ mm}^2 = 9 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ și raportul:}$$

$$\frac{k_f^2}{n \cdot d \cdot CH} = \frac{(3,610^{-3})^2}{9 \cdot 10^{-8}} = 1,44 \cdot 10^{-1} \frac{1}{s^2}$$

rezultând din diagrama fig. 2.51:

$$\eta = 6 \cdot 10^{-2} = 0,06$$

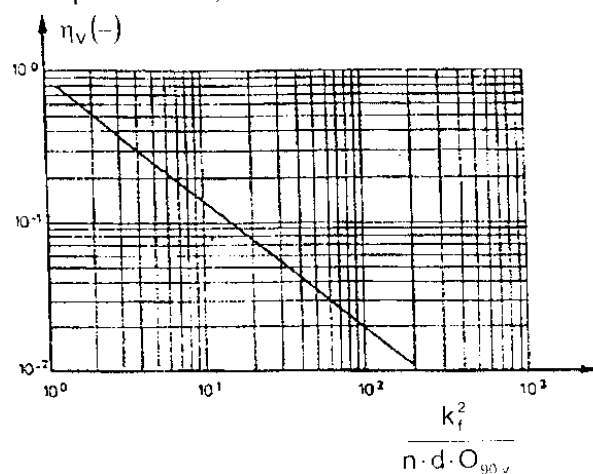


Fig. 2.51. Diagrama factorului η al permeabilității filtrului de geotextil

Eficiența geotextilului este asigurată dacă:

$$\eta \cdot k_f > K_{sol} \quad 0,06 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \geq 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s};$$

$$2,16 \cdot 10^{-4} \geq 1 \cdot 10^{-9},$$

deci geotextilul ales este bun pentru acest tip de sol.

3° Dimensionarea unui drenaj cu nisip comparativ cu un geotextil

Pentru un drenaj ca în figura 2.52 se propune pentru drenarea apei din precipitații q (m/zi) un strat de nisip cu conductivitatea hidraulică $K = 10,4 \text{ m/s}$ și care suportă o încărcare $a = 20 \text{ KPa}$. Transmisivitatea necesară se realizează cu o grosime a stratului filtrant de

nisip $d_s = 0,3$ m. Deci, transmisivitatea:

$$T_n = k \cdot d_s = 10^{-4} \cdot 0,3 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \quad (1)$$

Gradientul hidraulic este $i = \frac{h}{L/2}$ și se impune ca drenul să nu intre sub presiune, adică $\Delta h_{\max} \leq 0,3$ m.

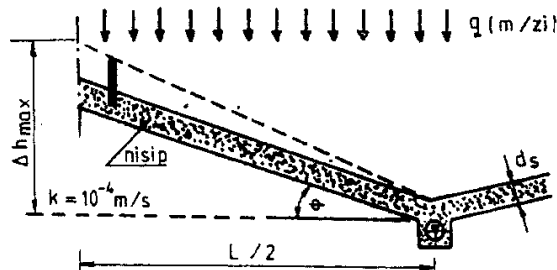


Fig. 2.52. Schema de calcul al drenajului la radierul depozitului

Vom verifica, dacă pentru un q dat se poate folosi și alternativa unui geotextil de grosime d , punând condiția ca $\Delta h_{\max, \text{geotextil}} \leq d$. Se alege un geotextil GT₂₀ care are o încărcare $\sigma = 20$ kPa și grosime $d = 1,5$ cm, cu o transmisivitate $T_g = 9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$, deci este mai mare decât cea a drenului de nisip.

Se verifică dacă geotextilul are un drenaj liber (dacă linia piezometrică se încadrează în grosimea geotextilului d).

Pentru un metru lățime de drenaj, debitul va fi:

$$Q_g = T_g \cdot I_g \quad (2)$$

- pentru nisip:

$$Q_n = T_n \cdot i_n \quad (3)$$

Pentru a fi comparate, trebuie descărcat același debit și rezultă:

$$\Delta h_{\max, \text{geotextil}} = T_n \cdot \Delta h_{\max, \text{nisip}} = \frac{3 \cdot 10^{-5}}{9 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

adică 0,1 cm, care este mai mic decât $d = 1,5$ cm, și geotextilul ales, așezat orizontal funcționează liber și mult mai eficient ca un drenaj realizat dintr-un strat de nisip.

4° Drenarea acoperișului unui depozit

Acoperișul unui depozit de deșeuri cu panta $i = 0,08 = 8\%$ poate fi realizat cu un strat filtrant SECLT-DRAN. – 3.1.6.DS₈₀₀ 316, care are transmisivitatea T_s $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ la o încărcare cu pământ vegetal de 20 KN/m², cu o lungime de drenare în proiecție orizontală de 276 m a acoperișului.

Debitul capabil este:

$$Q_c = T_s \cdot i = 1,3 \cdot 10^{-2} \cdot 0,08 = 1,04 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Ploaia de calcul are valoarea: $q = 30$ l/s

Debitul de ploaie infiltrat este:

$$Q_p = q \cdot L = 30 \text{ l/s/ha} \cdot \frac{10^{-3}}{10.000} \cdot 276 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} =$$

$$8,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Rezultă un coeficient de siguranță: } \frac{10,4}{8,28} = 1,25,$$

care este satisfăcător.

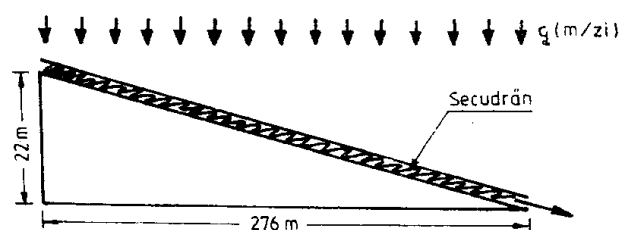


Fig. 2.53. Schema de calcul al drenajului la acoperișul depozitului

5° Drenajul depozitului de deșeuri în timpul umplerii

Figurile 2.54 și 2.55 prezintă schematic radierul depozitului etanș, peste care sunt așezate tuburile de drenaj cu diametrul de 300 mm, perforate pe jumătatea superioară, realizate din polietilenă de densitate mare. Peste drenuri se așterne un strat de pietriș sort 16/32, pe o înălțime de 45 cm. Condiția de drenaj impune ca linia curbei de depresiune să se înscrie în limita stratului de pietriș drenat, adică pierderea de sarcină $h = 0,3$ m.

Cunoscând conductivitatea hidraulică a stratului de pietriș drenat, $K = 550$ m/zi, $D = 0,15$, rezultă, din formula lui Hooghoudt, distanța între tuburile de drenuri.

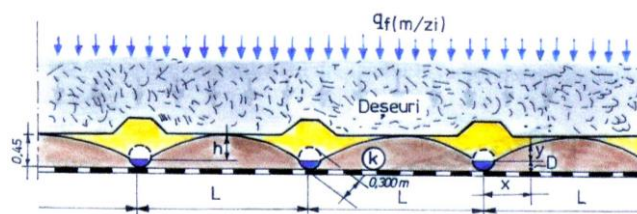


Fig. 2.54. Schema drenajului la radierul depozitului

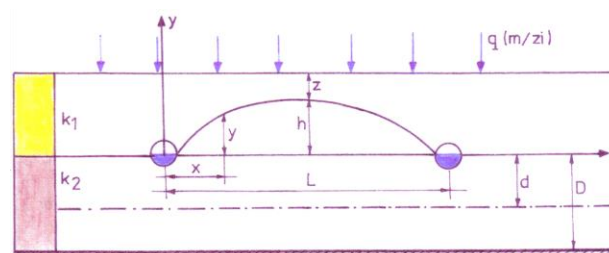


Fig. 2.55. Schema de calcul al drenajului după Hooghoudt

$$q \left(\frac{L}{2} - x \right) = k_2 \cdot d \frac{dy}{dx} + k_1 \cdot y \cdot \frac{dy}{dx} \quad (4)$$

$$q \left| \frac{L}{2x} - \frac{x^2}{2} \right|^{L/2} = k_2 d \left| y \right|_0^h + k_1 \left| \frac{y^2}{2} \right|_0^h \quad (5)$$

$$q \frac{L^2}{8} + k_2 dh + k_2 \frac{h_2}{2} \quad (6)$$

$$L_2 = \frac{8kdh}{q} + \frac{4k_1}{q} \quad (7)$$

Pentru profil omogen:

$$k_1 = k_2 = k \text{ și}$$

$$D = d$$

Obținem:

$$L_2 = \frac{8kDh + 4kh^2}{q}$$

Pentru $q = 0,25$ m/zi, se obține:

$$L_2 = \frac{8 \cdot 550 \cdot 0,15 \cdot 0,3 + 4 \cdot 550 \cdot 0,3^2}{0,25}$$

Rezultă $L = 40$ m – distanță curentă pentru proiectele realizate în Europa.

SECȚIUNEA II

OPTIMIZĂRI, RAȚIONALIZĂRI, AUTOMATIZARE – DISPECERIZARE – INFORMATIZARE ÎN IRIGAȚII

APA ȘI ENERGIA ÎN AMENAJĂRILE HIDRAULICO-AGRARE DE IRIGAȚII ȘI DESECĂRI-DRENAJE. RAȚIONALIZĂRI, CU EXEMPLE DIN TEHNICA MONDIALĂ ȘI ROMÂNĂ

3.1. DEBITUL ȘI VOLUMUL DE APĂ EVACUAT DIN SISTEMUL DE DESECARE

3.1.1. DEBIT, VOLUM, BILANȚ DE APĂ, PE TERENURILE DESECABILE ȘI SALINIZATE¹. REGLAREA REGIMULUI DE APĂ, SĂRURI ȘI TEMPERATURĂ, EFECTELE DESECĂRII

Terenurile agricole cu exces de umiditate realizează producții scăzute datorită : lucrărilor agrotehnice ce se pot realiza doar cu întârzieri, temperatură scăzută a solului, creșterea salinității solurilor etc.

Excesul de umiditate în sol și la suprafața lui se determină prin metoda bilanțului apei, atunci când se dispune de date pe o perioadă de 20 – 25 ani, pentru perimetrul desecabil:

$$V_e = R_i + 10 P + A_f + A_s - \Sigma E_p \quad (3.1)$$

în care:

V_e este cantitatea de apă în exces ce trebuie evacuată de sistemul de desecare în m^3/ha ;

R_i - rezerva de apă în sol la începutul perioadei analizate, 600 până la 1200 m^3/ha ;

P - suma precipitațiilor căzute în perimetrul desecabil în mm;

A_f - alimentarea prin capilaritate a stratului activ de sol din apa freatică fiind funcție de adâncimea apei freatice și de textura solului, 500 până la 3000 $m^3/ha/an$;

A_s - afluxul de ape străine, de suprafață și subterane, a cărui mărime se stabilește în funcție de situația locală în m^3/ha (evapotranspirația potențială).

Calculul bilanțului apei se întocmește lunar pentru fiecare an din perioada analizată, iar pentru 1-2 ani caracteristici, decadal în perioada de vegetație, cu-

noscându-se faptul că sunt mari pierderile de recoltă dacă terenul este acoperit cu apă, ajungându-se la pierderi de recoltă de 5-100%, în funcție de numărul de zile de inundare și de luna din perioada de vegetație respectivă. În cadrul perimetrului desecabil sau delimitat de mai multe raioane pedoameliorative, calculul de bilanț se întocmește pentru fiecare raion. Pe această bază se determină, pentru fiecare lună din șirul de ani analizat, frecvența apariției excesului de umiditate, reținând cazurile când în stratul activ de sol se realizează valori ale umidității mai mari decât capacitatea de câmp pentru apă, pe durate și perioade de vegetație care produc diminuarea producției agricole sau îngreunează lucrările agrotehnice ale terenului. Printr-un calcul de asigurare a șirului de date rezultate se stabilesc valorile lunare și anuale ale volumului de apă în exces cu asigurările de 10, 5, 3 și 1%.

În lipsa elementelor pentru efectuarea bilanțului, cantitatea de apă în exces V_e , ce trebuie evacuată într-o perioadă determinată, ori în cazul producerii unei precipitații de o anumită asigurare, se poate calcula cu relația:

$$V_e = 10 \cdot \sigma \cdot P \quad (m^3/ha) \quad (3.2)$$

în care:

P este înălțimea precipitațiilor căzute în perioada analizată în mm;

σ - coeficientul de scurgere a precipitațiilor considerate (tabelul 3.1).

Produsul $\sigma \cdot P = y$ reprezintă înălțimea stratului de scurgere. Îmbibarea de moment a solului cu apă și fenomenul de îngheț pot da naștere la scurgeri excesive. În cazul unor perimetre întinse, valorile coeficientului de scurgere se stabilesc diferențiat pe raioane pedoameliorative. Valorile coeficientului de scurgere se pot calcula cu relația:

$$\sigma = \frac{y}{P} = \frac{P - (F + Z)}{P} \quad (3.3)$$

în care:

Z este apa reținută superficial la suprafața solului cultivat 5-10 mm;

F este cantitatea de apă infiltrată în sol în timpul evacuării.

¹ V. Blidaru, A. Wehry, Gh. Pricop; *Amenajări de Irigații și Drenaje* (București, Editura Interprint – 1997)

Tabelul 3.1. Coeficienții de scurgere a terenurilor în pantă

Modul de folosință a terenurilor	Panta %	Textura solului		
		Nisip lutos	Lutos și luto-nisipos	Argilos
Pădure	0-5	0,10	0,30	0,40
	5-10	0,25	0,35	0,50
	10-30	0,30	0,50	0,60
Pășune	0-5	0,10	0,30	0,40
	5-10	0,25	0,35	0,55
	10-30	0,30	0,40	0,60
Teren cultivat	0-5	0,10	0,30	0,60
	5-10	0,25	0,35	0,70
	10-30	0,30	0,70	0,80

Corelația dintre înălțimea ploii P (mm) și durata ei t (ore), numită probabilitate climatică, se poate exprima:

$$P = a \cdot t^n \quad (3.4)$$

în care:

n și a sunt coeficienți ce depind de caracterul regiunii; de exemplu pentru sistemul de desecare Teba-Timiș, județul Timiș avem asigurarea de 1%.

$$P = 40 \cdot t^{0,226} \quad (3.5)$$

Cunoscând volumul de apă în exces V_e , ce trebuie evacuat de pe suprafața agricolă respectivă în timpul T (echivalent cu durata admisibilă de stagnare a apei pe terenul agricol), se calculează debitul de evacuat de pe suprafața unitară (debitul specific) sau de pe întreaga suprafață desecată S .

$$q_{med} = \frac{V_e}{T} = 12 \frac{\sigma \cdot P}{T} \quad (l/s/km^2) \quad (3.6)$$

în care: T (în zile), P (în mm) și S (în km^2)

$$Q_{med} = S \cdot q_{med} \quad (3.7)$$

Mărima q_{med} , denumită și modulul scurgerii, reprezintă o medie pe durata de evacuare T admisă și nu este utilizată la dimensionarea sistemelor de desecare decât în cazul suprafețelor mici; în paragraful următor se va stabili debitul specific maxim de desecare q .

Pe terenurile salinizate supuse ameliorării, prin amendamente și spălări, bilanțul apei este:

$$D + C_c = S + c \cdot P_i + R_f \quad (m^3/s) \quad (3.8)$$

în care:

D este volumul de apă drenat prin sol și colectat de rețeaua de drenaj și canale de desecare;

S - este norma udării de spălare;

C_c - capacitatea de câmp a stratului activ exprimată în m^3/ha ,

R_f - rezerva finală,

$c \cdot P_i$ - precipitațiile înmagazinate în perioada de iarnă cu coeficientul de înmagazinare c .

Cunoscând și norma irigației de aprovizionare:

$$a = C_c - R_f - c \cdot P_i \quad (3.9)$$

rezultă:

$$S = a + D \quad (3.10)$$

Definind rația de spălare L.R. (leaching requirement)

$$L \cdot R = \frac{D}{S} \cdot 100 = \frac{EC_{aj}}{EC_{ad}} \cdot 100 \quad (3.11)$$

în care:

EC_{ai} - este electroconductanța apei de irigație;

EC_{ad} - electroconductanța apei evacuate, în milimho/cm, și admitând valoarea maximă $EC_{ad} = 4$ milimho/cm rezultă rata de spălare a solului în funcție de EC_{ai} existentă, respectiv:

$$D = a \cdot \frac{LR}{100 - LR} \quad (3.12)$$

$$S = a \left(1 + \frac{LR}{100 - LR} \right) \quad (3.13)$$

în care: LR (%) și ceilalți termeni în m^3/ha .

Dacă în calcule introducem valorile lui C_c și R_f în procente, atunci norma de spălare în m^3/ha are expresia:

$$S = \left[100 \cdot H_1 \cdot \gamma_v (C_c - R_f) - c \cdot P_i \right] 1 + \frac{LR}{100 - LR} \quad (3.14)$$

în care:

γ_v - greutatea volumetrică a solului $m/t/m^3$;

H_1 - în m, distanța de la suprafața solului până la limita superioară a franjului capilar, când terenul este amenajat cu drenuri și acestea evacuează

În cazul în care, toamna, nivelul freatic este sub adâncimea drenurilor atunci norma de spălare se calculează cu relația:

$$S = 100 \cdot H_s \cdot \gamma_s \cdot (C_s - R_f) + \left[100 \cdot H_2 \cdot \gamma_v (C_c - R_f) - c \cdot P_i \right] 1 + \frac{LR}{100 - LR} \quad (3.15)$$

în care:

C_s este capacitatea de saturație pentru apă a solului, în %;

H_s , în m, este adâncimea nivelului freatic (aflat sub drenuri) până la curba de depresiune realizată de drenuri, strat care trebuie adus la saturație cu apă;

H_2 , în m, este adâncimea de la curba de depresiune menținută de drenuri până la suprafața terenului.

Pentru zone irigate și drenate, bilanțul apei pe unitatea de suprafață și adâncimea stratului activ, în m^3/ha sau în mm, se mai poate scrie:

$$N_{ai} + P_{ae} + C_a = E_{pa} + D_a \quad (3.16)$$

în care:

N_{ai} - norma anuală de irigație (inclusiv norma de aprovizionare și de spălare necesară);

P_{ae} - precipitații anuale efective;

C_a - ridicarea anuală în stratul activ;

E_{pa} - evapotranspirația anuală;

D_a - drenajul anual din stratul activ.

Bilanțul salin corespunzător va fi:

$$N_{ai} \cdot EC_{ai} + P_{ae} \cdot EC_{ap} = D_a + EC_{ad} \quad (3.17)$$

în care:

EC_{ap} este electroconductanța apei de precipitații

și

$$EC_{ad} = f \cdot EC_s \quad (3.18)$$

în care:

EC_s este valoarea medie a salinității soluției de sol la capacitatea de câmp și

f - coeficient de spălare, cuprins $0 < f < 1$.

$$EC_s = EC_{si} + \frac{1}{2} \Delta EC_s \quad (3.19)$$

în care:

EC_{si} este salinitatea inițială a soluției de sol;

ΔEC_s - variația ei în timpul unui an

Notând cu ΔZ_A schimbul total al conținutului de sare din stratul activ într-un an la capacitatea de câmp și cu V_p conținutul total al probei de sol pe unitatea de suprafață, avem:

$$V_p = \frac{\gamma_v \cdot C_c}{100} H \quad (3.20)$$

în care:

H este grosimea stratului activ de sol în m;

γ_v - greutatea volumetrică a solului în t/m^3

C_c - capacitatea de câmp a solului pentru apă,

în %.

$$\Delta Z_A = \Delta EC_s \cdot V_p \quad (3.21)$$

Bilanțul salin devine:

$$E_{pa} - P_{ae} =$$

$$= \frac{f N_{ai} \left[EC_{s1} + \frac{1}{2} \Delta EC_s - EC_{ai} \right] - P_{ae} EC_{ap} + \Delta EC_s V_p}{EC_{ai} + f \cdot \left(EC_{s1} + \frac{1}{2} \Delta EC_s - EC_{ai} \right)} \quad (3.22)$$

relație care reprezintă un model de calcul al interacțiunii irigației și drenajului ca o expresie de schimbare a salinității.

Un interes deosebit îl prezintă proiectarea normelor de irigație pentru menținerea salinității solului la un același nivel, pentru care retranscriem ecuația (3.22) a modelului anual luând $\Delta EC_s = 0$ și obținem :

$$N_{ai} = (E_{pa} - P_{ae}) \left[1 + \frac{EC_{ai}}{f (EC_s - EC_{ai})} \right] + \frac{P_{ae} \cdot EC_{ap}}{f (EC_s - EC_{ai})} \quad (3.23)$$

cu definirea ratei de spălare:

$$1 + LR = \frac{N_{ai}}{N_i} \quad (3.24)$$

unde:

N_i este norma de irigație anuală acceptată pentru acoperirea consumului, preconizată fiecărei culturi.

Prin lucrările de desecare-drenaj se urmărește îndepărtarea apei ce stagnează la suprafața solului prin asigurarea scurgerii spre canale, având realizate lucrări de nivelarea terenului în pantă spre canale sau de modelarea terenului în benzi cu coame printr-o arătură la cormană.

Pentru reglarea regimului de apă din sol pentru a fi cuprins între plafonul minim al umidității și capacitatea de câmp, se reglează nivelul freatic prin lucrări de drenaj subteran astfel ca prin capilaritate să se obțină umiditatea optimă în stratul activ de sol.

În zone secetoase, unde temperatura și vântul sporesc evaporația apei la suprafața solului, adâncimea apei freactice prin lucrări de drenaje se menține la adâncimea critică de salinizare corespunzătoare transportului capilar de 1 mm/zi.

Aceasta duce la adâncimi de drenaj (nivel freatic necesar de menținut) la 1,5-2 m, funcție de textura solului, comparativ cu zonele umede unde această adâncime, numită normă de drenaj $Z = 0,6-0,8$ metri, în funcție de adâncimea sistemului radicular la legume și unele culturi de câmp, putând ajunge și la $Z = 1,5$ m pentru unele culturi și plantații pomicole.

Ca efect al lucrărilor de desecare-drenaj este sporul de producție agricolă obținut prin realizarea la termenul optim al lucrărilor agrotehnice, a unei aerații optime a porilor solului, a primenirii aerului din porii solului, a reglării umidității în limite optime, a ridicării temperaturii solului și deci crearea unor condiții optime de dezvoltare a culturilor agricole.

3.1.2. ELEMENTE DE BAZĂ ALE PROIECTĂRII DEBITULUI DE DESECAR. DEBITUL ECONOMIC

Debitul de desecare, pentru proiectarea rețelei de canale de desecare, se stabilește prin mai multe metode funcție de ordinul canalului.

În țara noastră se utilizează frecvent două metode și anume:

1) metoda capacității de absorbție a solului cu înmagazinarea apei în canale (metoda grafică), utilizată pentru canalele de desecare propriu-zise plasate la 400 metri distanță și lungimi de 1000-1500 m, care deserveste o suprafață agricolă de 40-60 ha și

2) metoda dinamicii scurgerii apei, pentru rețeaua de canale colectoare secundare și principale la care se ține seama de efectul de întârziere a scurgerii datorită lungimii rețelei de canale și care deservesc suprafețe de 500-10.000 ha.

1° Metoda capacității de absorbție a solului cu înmagazinarea apei în canale

După înmagazinarea precipitațiilor în sol, apa se va scurge pe terenul agricol în canalul de desecare, care se va putea umple, de la nivelul minim de drenaj, până la un nivel maxim, după care începe curgerea apei în canalul de desecare la nivelul maxim de calcul.

Reprezentând grafic aceste elemente în (fig. 3.1), cu datele din secțiunea transversală a unui canal de desecare, care deservește o rețea de drenaje (fig. 3.2), și considerând un exemplu numeric obținem: precipitațiile minus evapotranspirația cumulată în decurs de 5 zile cu asigurarea de 5% pentru zona proiectată este: 56 mm în prima zi, 75 mm în a doua zi, 85 mm în a treia zi, 88 mm în a patra zi și 90 mm în a cincea zi, valori reprezentate în fig. 3.1 prin curba 1.

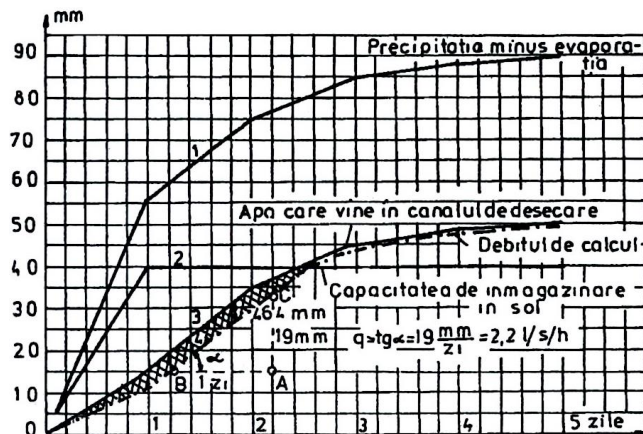


Fig. 3.1. Reprezentarea grafică a elementelor debitului specific de desecare

Cunoscând capacitatea maximă de înmagazinare în sol, funcție de umiditatea momentană considerată și capacitatea de saturație a solului, în valoare de 40 mm, cu ipoteza că aceasta se atinge în prima zi de ploaie, putem reprezenta curba 2 și care scăzută din curba 1 reprezintă apa care se scurge pe terenul agricol spre canal notată cu 3.

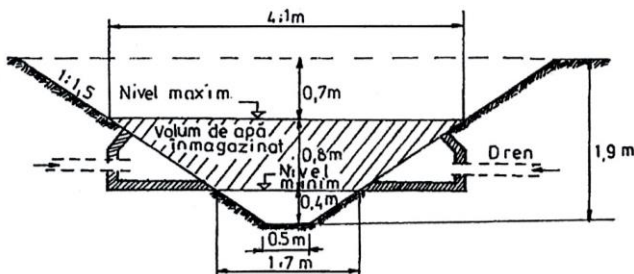


Fig. 3.2. Secțiune transversală a canalului de desecare

Cunoscând volumul de apă ce se poate înmagazina pe 1 ml de canal (fig. 3.2):

$$\frac{1,7 + 4,1}{2} \cdot 0,8 = 2,32 \text{ m}^3/\text{ml}$$

și presupunând distanța între canalele de desecare de 500 m, rezultă că volumul de apă înmagazinat reprezintă o înălțime de apă de:

$$\frac{2,32 \text{ m}^3/\text{ml}}{500 \text{ m}^2/\text{ml}} \cdot 1000 = 4,64 \text{ mm}$$

Considerând că acest volum de apă se înmagazinează în canal abia în ziua a doua de ploaie, se scade valoarea 4,64 mm din curba 3, obținându-se curba 4, adică mișcarea apei în canalul de desecare reprezentată prin debitul specific calculat din triunghiul ABC (v. fig. 3.1):

$$q = tg \alpha = \frac{19 \text{ mm}}{1 \text{ zi}} = 2,2 \text{ l/s/ha}$$

Cunoscând suprafața agricolă deservită de acest canal de desecare S_D obținem debitul de dimensionare al canalului în secțiunea lui din aval:

$$Q_D = q \cdot S_D \quad (3.25)$$

2° Metoda dinamicii scurgerii apei în rețeaua de canale colectoare secundare și principale

Cunoscând hidrograful debitului în punctul de colectare al rețelei de desecare (nodul hidrografic de evacuare în emisar) pentru situația în care durata ploii t este egală cu durata de scurgere τ , situație suficientă pentru obținerea debitului maxim și totodată ușor de calculat ploaie de calcul $t = \tau$, deoarece τ se poate calcula funcție de rețeaua de canale proiectată cu lungimi de trasee și viteze de scurgere proiectate funcție de pantele posibile de realizat la canale.

Durata de evacuare a excesului de umiditate datorat ploilor T se calculează, pentru toate cazurile, cu relația:

$$T = t + \tau = t + \frac{l_s}{V_s} = \frac{l_1}{V_1} + \frac{l_2}{V_2} + \frac{l_3}{V_3} \quad (3.26)$$

Notând în general:

$$K_2 = \frac{T}{t} = 1 + \frac{\tau}{t} = \frac{\varphi + 1}{\varphi} \quad (3.27)$$

în care:

$\varphi = t/\tau$ este coeficientul de întârziere a scurgerii.

Debitul specific maxim de desecare se obține din debitul specific mediu de desecare, astfel:

$$q_{\max} = K_1 \cdot q_{\text{med}} = K_1 \cdot \frac{\sigma \cdot p}{T} \quad (3.28)$$

unde:

K_1 este un coeficient care depinde de forma hidrografului scurgerii: pentru triunghi $K_1 = 2$, pentru trapez $K_1 < 2$, iar pentru o formă neregulată $2 < K_1 < 4$, în mod obișnuit $K_1 = 2$.

Dacă dorim să obținem q_{\max} (l/s/ha) și avem P (mm) și t (ore) avem:

$$q_{\max} = 2,8 \frac{\sigma \cdot P}{t} \cdot \frac{K_1}{K_2} = \frac{C}{\sqrt[3]{S}} \quad (3.29)$$

Întrucât coeficientul K_2 exprimă în principal caracteristicile suprafeței de colectare și ale căilor de scurgere a apelor, poate fi sintetizat sub forma:

$$K_2 = \sqrt[3]{S} \quad (3.30)$$

Pentru sistemul de desecare Țeba-Timișat cuprins între râurile Timiș și Bega, aval de Timișoara, unde avem o durată a scurgerii $\tau = 5$ zile și considerată egală cu durata ploii de calcul $t = 120$ ore, avem după cinci zile $P = 88$ mm și $\sigma = 0,47$ (coeficient de scurgere calculat ca o medie ponderată funcție de folosințele terenului agricol).

Având măsurători de debite maxime Q și cunoscând suprafețele de colectare S , s-a putut calcula debitul specific maxim de desecare.

Înlocuind aceste date în relația (3.29) și reprezentând în scară dublu logaritmică, se obține $x = 8$ și $C = 2$.

Relația de calcul a debitului specific maxim de desecare pentru sistemul de desecare Țeba-Timișat rezultă:

$$q = \frac{2}{\sqrt[8]{S}} \quad (3.31)$$

în care Q (l/s/ha) și S (ha).

În mod similar pentru sistemul de desecare Aranca, pe malul stâng al Mureșului, aval de Arad, a rezultat:

$$q = \frac{2,9}{\sqrt[5,7]{S}} \quad (3.32)$$

Debitul de calcul al canalelor colectoare de desecare secundare și principale se va calcula după secțiuni de confluență ale canalelor după schema fig. 3.3, astfel:

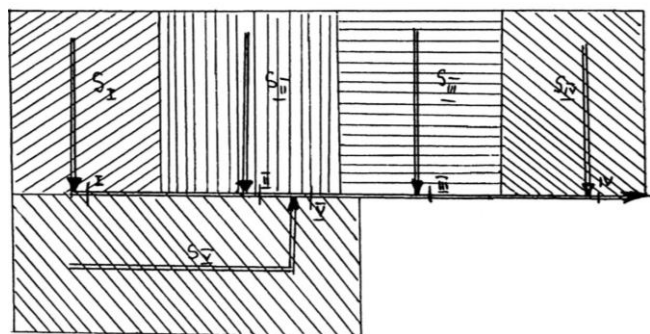


Fig. 3.3. Schemă de calcul, la metoda dinamicii scurgerii apei

$$Q_I = q_I \cdot S_1 \dots \dots \dots \text{în care } q_I = \frac{C}{\sqrt[3]{S_1}}$$

$$Q_{II} = q_{II} \cdot S_2 \dots \dots \dots \text{în care } q_{II} = \frac{C}{\sqrt[3]{S_2}}$$

$$Q_V = q_V (S_1 + S_2 + S_3) \dots \dots \text{în care}$$

$$q_V = \frac{C}{\sqrt[3]{S_1 + S_2 + S_3}}$$

Se observă că: $q_V < q_I$, dar $Q_V > Q_I$, datorită efectului de întârziere a scurgerii.

Pentru schema considerată în fig. 3.3, debitul nodului hidrotehnic de evacuare în emisar va fi:

$$Q_0 = Q_V + Q_{VI}$$

3° Debitul de desecare economic

Debitul specific de desecare economic se obține, pentru un teren agricol, în funcție de asigurarea economică de calcul astfel: în cazul determinării debitului de calcul cu asigurarea de 1% înseamnă că lucrarea va avea o capacitate mare de colectare și eliminare a excesului de umiditate, dar totodată cu cheltuieli de investiție foarte mari.

Pagubele calculate în acest caz cu depășirea duratei de exces de umiditate într-un singur an din cei 100 considerați, vor fi pagube mici, comparativ cu investiția, deci o lucrare nerentabilă.

Invers, dacă considerăm o asigurare de calcul de 10% înseamnă că sistemul de desecare va fi dimensionat pentru exces de umiditate o dată la 10 ani, obținând secțiuni de canale și debite instalate la puncte de evacuare mici, deci o investiție specifică de amenajare mică.

Pagubele care se vor succeda teoretic la fiecare 10 ani din cei 100 considerați vor fi mult mai mari decât în cazul precedent considerat cu asigurarea de 1%. Înseamnă că la asigurarea de 10% considerată prin lucrări cu investiție mică se vor elimina pagubele mari agricole. În continuare se vor considera și alte asigurări, de 3%, 5% etc., calculând de fiecare dată investiția specifică anuală de rambursat și paguba soluția economică este pentru cazul când suma investiției și pagubelor este minimă.

3.1.3. CRITERII ȘI SOLUȚII ÎN DETERMINAREA DEBITULUI DE EVACUARE PROVENIT DIN DIVERSE SURSE. METODE DE DESECAR

Pentru determinarea debitului de desecare, provenit din diverse surse, este standardizată în țara noastră metoda de calcul a debitelor diferențiate, care cuprind șapte debite de diferite surse, care se vor aduna pe perioadele când se suprapun.

1. Debitul specific maxim de evacuare provenit din precipitațiile căzute direct pe suprafața de desecat se determină după metoda prezentată în paragrafele 3.2.2/1° și 3.2.2/2°.

2. Debitul specific provenit din precipitațiile căzute în zona înaltă limitrofă se calculează cu metoda dinamicii scurgerii prezentată în paragraful 3.2.2/2°, cu deosebirea că coeficientul de scurgere σ se alege corespunzător.

3. Debitul provenit din apa freatică aflată la mică adâncime se determină prin pompări experimentale sau prin calculul de drenaj. El alimentează rețeaua canalelor de desecare numai pe durata scurgerii minime și mijlocii, nu și pe timpul scurgerii maxime, din care cauză nu contribuie la majorarea debitului maxim de evacuare.

4. Debitul aflului subteran din versanții limitrofi sau terasa înaltă se determină cu relația:

$$Q = K \cdot H \cdot i \cdot L \quad (l/s) \quad (3.33)$$

în care:

H - grosimea stratului acvifer din versanți, în m;

i - panta nivelului apei freatice, în m/km;

L - lungimea frontului de apariție a apei freatice la contactul dintre versant și suprafața desecabilă, în m/s;

K - conductivitatea hidrolică a stratului acvifer în m/s.

5. Debitul de evacuat din sistemele de irigații, diferă după tipul de amenajare și metoda de udare, considerându-se următoarele valori procentuale din hidromodulul de udare:

– conducte sub presiune, udare prin aspersiune, practic zero;

– canale, jgheaburi, udare prin aspersiune, 2-5%;

– canale, jgheaburi, udare pe brazde, 5-15%;

6. Debitul de evacuat din amenajările piscicole diferă după tipul amenajării și situația locală, iar mărirea lui diferă în cursul anului în funcție de regimul de exploatare.

7. Debitul provenit din infiltrația sub diguri în zona agricolă apărată se stabilește în funcție de diferența de nivel din râul îndiguit și nivelul de apă menținut de rețeaua canalelor de desecare. În funcție de condițiile de margine, dacă zona mal-dig și zona apărată au lungimi infinite sau finite.

1° Lungimi infinite ale zonei mal-dig și ale zonei apărate

Ecuatiile mișcării descendente și ascendente, (fig. 3.4 a și b) sunt:

În mișcarea descendentă se poate scrie:

$$q_{st}'' = -KD \frac{dy}{dx} + \frac{1}{2} KD \frac{dy^2}{dx^2} dx \quad (3.34)$$

$$q_{dr}'' = -KD \frac{dy}{dx} - \frac{1}{2} KD \frac{dy^2}{dx^2} dx \quad (3.35)$$

$$q_*'' = V_z \cdot d_x \cdot 1 \text{ m} \quad (3.36)$$

unde:

$$V_z = K' \cdot \frac{y_0 - y}{D} \quad (3.37)$$

și înlocuind notația $C = \frac{D'}{K'}$ - rezistența verticală

obținem:

$$q_* = \frac{y_0 - y}{C} dx \quad (3.38)$$

Ecuția de continuitate este:

$$q_{st}'' + q_*'' = q_{dr}'' \quad (3.39)$$

și după înlocuire obținem:

$$\frac{dy^2}{dx^2} + \frac{y_0 - y}{KDC} = 0 \quad (3.40)$$

și notăm:

$$\lambda = \sqrt{KDC} \quad (3.41)$$

și ecuația diferențială a mișcării descendente devine:

$$\frac{dy^2}{dx^2} + \frac{y_0 - y}{\lambda^2} = 0 \quad (3.42)$$

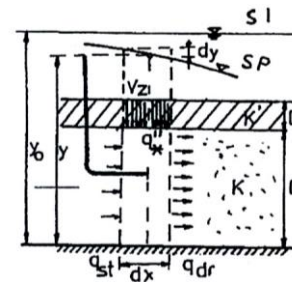


Fig. 3.4.a. Elementele infiltrației descendente

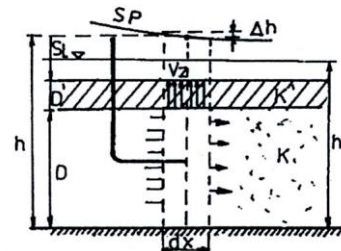


Fig. 3.4.b. Elementele infiltrației ascendente

În mod similar pentru mișcarea ascendentă obținem:

$$\frac{dh^2}{dx^2} + \frac{h - h'}{\lambda^2} = 0 \quad (3.43)$$

Aceste ecuații diferențiale sunt liniare și omogene, integralele fiind de forma:

$$y_0 - y = C_1 \cdot e^{x/\lambda} + C_2 \cdot e^{-x/\lambda} \quad (3.44) \text{ și } (3.45)$$

$$h - h' = C_3 \cdot e^{x/\lambda} + C_4 \cdot e^{-x/\lambda}$$

Constantele C_1 ; C_2 ; C_3 ; C_4 se vor determina din condițiile de margine din cele trei fragmente fig. 3.5 cu zone infinite ale lungimii mal-dig și ale zonei apărate.

Condițiile de margine din fragmentul I:

$$x = 0 ; y = y_1$$

și ecuația 3.44 devine:

$$y_0 - y_1 = C_1 + C_2$$

$$x = -\infty; y = y_0$$

și rezultă

$$C_2 = 0$$

deci:

$$C_1 = y_0 - y_1;$$

Obținem ecuația liniei piezometrice în fragmen-

tul I:

$$y = y_0 - (y_0 - y_1) \gamma \cdot e^{x/\lambda} \quad (3.46)$$

Condițiile de margine din fragmentul III:

$$x = 0; h = h_1$$

și ecuația 3.45 devine:

$$h_1 - h' = C_3 + C_4$$

$$x = \infty; h = h'$$

Rezultă:

$$C_3 = 0$$

și deci:

$$C_4 = h_1 - h' = h_1 - (D' + D)$$

Obținem ecuația liniei piezometrice în fragmen-

tul III:

$$h = D' + D + [h_1 - (D' + D)] \cdot e^{-x/\lambda} \quad (3.47)$$

Dacă logaritmăm expresia 3.47 obținem:

$$\ln(h - h') = \ln(h_1 - h') - \frac{x}{\sqrt{KDC}} \quad (3.48)$$

$$\sqrt{KDC} = \frac{x}{2,3[\log(h_1 - h') - \log(h - h')]}$$

și care reprezentată într-un sistem de axe semilogaritmice este o dreaptă în care în ordonată avem $\log. \Delta h$ și

abscisa x , cu coeficientul unghiular: $tg \alpha = \frac{1}{\sqrt{KDC}}$.

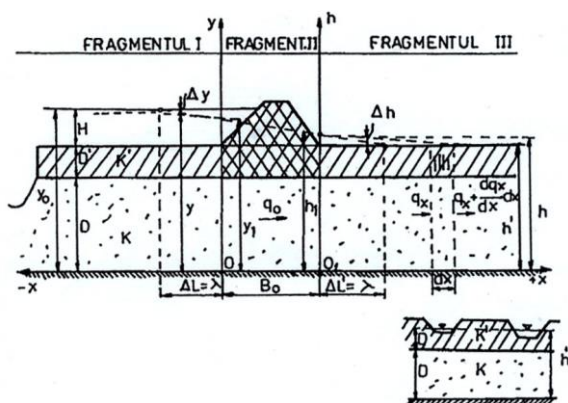


Fig. 3.5. Schema fragmentelor de infiltrare

Debitul ce se infiltrează în zona apărată prin stratul acvifer într-o secțiune x este determinat de variația debitului pe o lungime dx din fragmentul III:

$$v_z \cdot dx = q_x - \left(q_x + \frac{dq_x}{dx} \cdot dx \right) \quad (3.49)$$

adică:

$$v_z = -\frac{dq_x}{dx} \quad (3.50)$$

Pe de alta parte,

$$q_x = -KD \frac{dh}{dx}$$

și

$$v_z = K' \frac{h - h'}{D'} = \frac{h - h'}{C} \quad (3.51)$$

rezultă:

$$h = C \cdot v_z + h' \quad (3.52)$$

Relația 3.52 cu 3.50 devine:

$$h = -C \frac{dq_x}{dx} + h' \quad (3.53)$$

Derivând expresia 3.53 obținem gradientul hidrolic:

$$\frac{dh}{dx} = -C \frac{d^2 q_x}{dx^2} \quad (3.54)$$

Din relațiile 3.50 și 3.54 obținem:

$$q_x = KDC \frac{d^2 q_x}{dx^2} \quad (3.55)$$

cu soluția generală:

$$q_x = C_5 \cdot e^{x/\lambda} + C_6 \cdot e^{-x/\lambda} \quad (3.56)$$

unde:

$$\lambda = \sqrt{KDC}$$

și pentru aflarea constantelor de integrare avem condițiile de margine:

$$x = \infty; q_x = 0$$

Rezultă $C_5 = 0$

$$x = 0; q_x = q_0$$

Rezultă $C_6 = q_0$;

și ecuația debitului 3.56 devine :

$$q_x = q_0 \cdot e^{-x/\lambda} \quad (3.57)$$

Pentru a determina q_0 , adică debitul infiltrat sub dig în secțiunea $x = 0$, derivăm soluția 3.57:

$$\frac{dq_x}{dx} = -\frac{q_0}{\sqrt{KDC}} \cdot e^{-\frac{x}{\sqrt{KDC}}} \quad (3.58)$$

și înlocuind în 3.53 avem:

$$h = C \frac{q_0}{\sqrt{KDC}} \cdot e^{-\frac{x}{\sqrt{KDC}}} + h' \quad (3.59)$$

care pentru $x = 0$; $h = h_1$ și debitul devine:

$$q_0 = (h_1 - h') \sqrt{\frac{KD}{C}} \sqrt{\frac{KD}{KD}} = KD \frac{h_1 - h'}{\lambda} \quad (3.60)$$

Pentru a calcula debitul q_0 , mai avem nevoie de valoarea lui h_1 , pe care îl vom obține din fragmentul II.

Condițiile de margine din fragmentul II:

Se propune că mișcarea are loc doar în stratul acvifer KD, adică nu avem mișcare pe verticală, în fragmentul II, se poate scrie debitul:

$$q_0 = KD \cdot \frac{y_1 - h_1}{B_0} \quad (3.61)$$

în care trebuie să cunoaștem x_1 și h_1 pentru care avem deja ecuațiile 3.60 și 3.61. Vom scrie și o a treia ecuație la ieșirea din fragmentul I:

$$q_0 = -KD \frac{dy}{dx} \Big|_{x=0} = 0 \quad (3.62)$$

Ținând seama de ecuația liniei piezometrice în fragmentul I, ecuația 3.46, pe care o derivăm, obținem gradientul hidraulic:

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{1}{\lambda} (y_0 - y_1) e^{x/\lambda} \quad (3.63)$$

Ecuația 3.62 devine:

$$q_0 = KD \frac{y_0 - y_1}{\lambda} e^{x/\lambda} \Big|_{x=0} = KD \frac{y_0 - y_1}{\lambda} \quad (3.64)$$

Egalând 3.60 cu 3.61 și 3.64 avem:

$$KD \frac{h_1 - (D' + D)}{\lambda} = KD \frac{y_1 - h_1}{B_0} = KD \frac{y_0 - y_1}{\lambda}$$

Obținem necunoscutele:

$$y_1 = y_0 - \frac{\lambda}{2\lambda + B_0} [y_0 - (D' + D)] \quad (3.65)$$

$$h_1 = (D' + D) + \frac{\lambda}{2\lambda + B_0} [y_0 - (D' + D)] \quad (3.66)$$

$$q_0 = KD \frac{H}{2\lambda + B_0} \quad (3.67)$$

Aceste formule arată că expresia debitului q_0 se poate obține considerând că mișcarea are loc numai în stratul acvifer de bază, după ipoteza lui Dupuit și admitând că cele două fragmente laterale au fiecare o lățime echivalentă cu λ , linia piezometrică este o dreaptă (linie piezometrică fictivă).

Față de linia piezometrică fictivă, linia piezometrică reală este mai coborâtă în fragmentul I și mai ridicată în fragmentul III.

Ecuațiile acestor linii piezometrice 3.46 și 3.47 după înlocuirea lui y_1 și h_1 devin:

În fragmentul I:

$$\Delta y = y_0 - y = (y_0 - y_1) e^{x/\lambda} = \frac{\lambda}{2\lambda + B_0} H e^{-x/\lambda} \quad (3.68)$$

În fragmentul III:

$$\begin{aligned} \Delta h = h - (D' + D) &= \\ &= [h_1 - (D' + D)] e^{-x/\lambda} = \frac{\lambda}{2\lambda + B_0} H e^{-x/\lambda} \end{aligned} \quad (3.69)$$

Generalizând, putem nota $\lambda = \Delta L$ și ΔL și expresia debitului 3.67 devine:

$$q_0 = KD \frac{H}{\Delta L + B_0 + \Delta L'} \quad (3.70)$$

Debitul ascendent în zona agricolă apărută se va calcula pe fâșii cu relația 3.57 în forma $q_x - q_{x+x'}$ la nivelul de calcul H .

2° Fragmentul mal-dig, de lungime finită

Pornind de la ecuația 3.44 pentru fragmentul I de lungime finită B (fig. 3.6), se determină constantele C_1 și C_2 din condițiile de margine:

$$x = 0; y = y_1$$

$$x = -B; y = y_0$$

Rezultă:

$$y_0 - y_1 = C_1 + C_2;$$

$$0 = C_1 \cdot e^{-B/\lambda} + C_2 \cdot e^{B/\lambda}$$

Multiplcând succesiv cu: $-e^{-B/\lambda}$ și $-e^{B/\lambda}$ și adunând se obține:

$$C_2 = -e^{-B/\lambda} \cdot \frac{y_0 - y_1}{e^{B/\lambda} - e^{-B/\lambda}} \quad (3.71)$$

$$C_1 = e^{B/\lambda} \cdot \frac{y_0 - y_1}{e^{B/\lambda} - e^{-B/\lambda}} \quad (3.72)$$

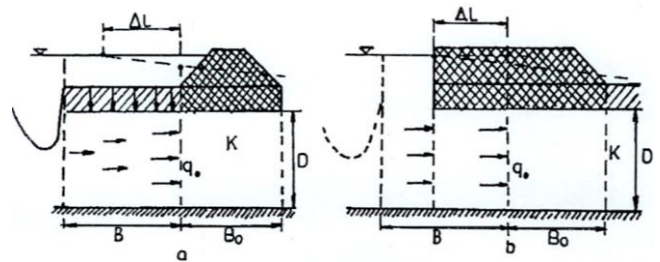


Fig. 3.6. Fragmentul mal-dig de lungime finită:
a – real; b – echivalent

Debitul q_0 ce se infiltrează prin stratul acvifer sub dig în zona apărută se poate scrie direct :

$$q_0 = KD \frac{y_0 - y_1}{\Delta L} \quad (3.73)$$

În această relație nu se cunoaște ΔL , adică lungimea pe care se poate considera linia piezometrică dreaptă (lungime echivalentă a zonei mal-dig), pentru care scriem și sub altă formă debitul q_0 :

$$q_0 = -KD \frac{dy}{dx} \Big|_{x=0} \quad (3.74)$$

Gradientul hidraulic se obține derivând ecuația 3.44:

$$\frac{dy}{dx} \Big|_{x=0} = -\frac{C_1}{\lambda} \cdot e^{x/\lambda} + \frac{C_2}{\lambda} \cdot e^{-x/\lambda} \Big|_{x=0} = \frac{C_1}{\lambda} + \frac{C_2}{\lambda} \quad (3.75)$$

Înlocuind valorile constantelor din 3.71 și 3.72, obținem :

$$\frac{dy}{dx} \Big|_{x=0} = \frac{y_0 - y_1}{\lambda} \cdot \frac{e^{B/\lambda} + e^{-B/\lambda}}{e^{B/\lambda} - e^{-B/\lambda}} = -\frac{y_0 - y_1}{\lambda \cdot th \frac{B}{\lambda}} \quad (3.76)$$

și expresia debitului 3.74 devine:

$$q_0 = KD \frac{y_0 - y_1}{\lambda \cdot th \frac{B}{\lambda}} \quad (3.77)$$

Comparând ecuațiile 3.73 și 3.77, se poate scrie:

$$\Delta L = \lambda \cdot th \frac{B}{\lambda} \quad (3.78)$$

unde:

$$\lambda = \sqrt{KDC}$$

Această lungime echivalentă ΔL nu depinde de y_0 și y_1 și poate fi considerată o caracteristică hidrogeologică a zonei mal-dig. Fragmentul I real (fig. 3.6.a) poate fi transformat într-un fragment I echivalent (fig. 3.6.b), unde pe lungimea $\Delta L + B_0$, avem o mișcare orizontală a apei în stratul acvifer de transmisivitate $K \cdot D$ (fără mișcare ascendentă sau descendentă).

În consecință, fizic se poate considera o nouă figură de calcul 3.6.b, în care fragmentul real mal-dig de lungime finită B este substituit cu unul echivalent, după care calculele pentru zona apărată de lungime infinită se conduc mai departe ca în paragraful precedent 3.1.3/1°.

3° Fragmentul apărat de lungime finită

În cazul când fragmentul apărat este închis de un perete argilos sau stâncos, având deci lungimea $x = L$; după echivalarea fragmentului mal-dig obținându-se lungimea $L_0 = \Delta L + B_0$ pe care linia piezometrică este o dreaptă, se poate calcula cota liniei piezometrice Δh în zona apărată din relația 3.69:

$$\Delta h = h - h' = h - (D' + D) = C_3 \cdot e^{x/\lambda} + C_4 \cdot e^{-x/\lambda}$$

Gradientul hidrolic este:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{C_3}{\lambda} \cdot e^{x/\lambda} - \frac{C_4}{\lambda} \cdot e^{-x/\lambda}$$

care la $x = 0$ în fragmentul III este:

$$\frac{dh}{dx} = \frac{C_3}{\lambda} - \frac{C_4}{\lambda}$$

sau, pe de altă parte:

$$\left. \frac{dh}{dx} \right|_{x=0} = - \frac{y_0 - h}{L_0} \Big|_{x=0}$$

Din cele două forme de scriere a gradientului rezultă:

$$\frac{C_3}{\lambda} - \frac{C_4}{\lambda} = \frac{y_0 - h}{L_0} \Big|_{x=0} \quad (3.79)$$

A doua condiție de margine, la $x = L$, linia piezometrică este orizontală deci gradientul este zero și obținem:

$$\left. \frac{dh}{dx} \right|_{x=L} = 0 = \frac{C_3}{\lambda} \cdot e^{L/\lambda} - \frac{C_4}{\lambda} \cdot e^{-L/\lambda} \quad (3.80)$$

Din sistemul de ecuații 3.79 și 3.80 rezultă constantele C_3 și C_4 notând:

$$y_1 = \frac{C_3}{\lambda}; \quad y_2 = \frac{C_4}{\lambda}$$

și obținem

$$y_1 - y_2 = - \frac{y_0 - h}{L_0} \quad (3.81)$$

$$y_1 \cdot e^{L/\lambda} - y_2 \cdot e^{-L/\lambda} = 0$$

Înmulțind succesiv cu $-e^{L/\lambda}$ și $-e^{-L/\lambda}$ și adunând, avem:

$$y_2 = \frac{y_0 - h}{L_0} \cdot e^{L/\lambda} \cdot \frac{1}{e^{L/\lambda} - e^{-L/\lambda}} \quad (3.82)$$

$$y_2 = \frac{y_0 - h}{L_0} \cdot e^{-L/\lambda} \cdot \frac{1}{e^{L/\lambda} - e^{-L/\lambda}} \quad (3.83)$$

și ecuația liniei piezometrice 3.69 devine:

$$\begin{aligned} \Delta h &= C_3 \cdot e^{x/\lambda} + C_4 \cdot e^{-x/\lambda} = \\ &= \frac{\lambda}{L_0} (y_0 - h) \Big|_{x=0} \cdot \frac{e^{-L/\lambda} \cdot e^{L/\lambda} + e^{L/\lambda} \cdot e^{-x/\lambda}}{e^{L/\lambda} - e^{-L/\lambda}} \end{aligned} \quad (3.84)$$

Din reprezentarea elementelor geometrice a asemănării triunghiurilor obținem:

$$y_0 - h \Big|_{x=0} = H - \Delta h_{\max} \quad (3.85)$$

$$\frac{H}{\Delta h_{\max}} = \frac{L_0 + \lambda \cdot cth \frac{L}{\lambda}}{\lambda \cdot cth \frac{L}{\lambda}} \quad (3.86)$$

și înlocuind 3.86 în 3.85 obținem:

$$y_0 - h \Big|_{x=0} = H - H \frac{\lambda cth \frac{L}{\lambda}}{L_0 + \lambda cth \frac{L}{\lambda}} = \frac{L_0}{L_0 + \lambda cth \frac{L}{\lambda}} H \quad (3.87)$$

Înlocuind 3.87 în 3.84 obținem:

$$\Delta h = \frac{\lambda}{L_0} \frac{L_0}{L_0 + \lambda cth \frac{L}{\lambda}} H \frac{e^{-L/\lambda} e^{x/\lambda} + e^{L/\lambda} e^{-x/\lambda}}{e^{L/\lambda} - e^{-L/\lambda}}$$

după care calculul devine:

$$\Delta h = \frac{\lambda}{\lambda + L_0 \cdot th \frac{L}{\lambda}} \cdot H \cdot \left(e^{-x/\lambda} + e^{-L/\lambda} \cdot \frac{sh \frac{x}{\lambda}}{ch \frac{L}{\lambda}} \right) \quad (3.88)$$

Valoarea maximă se obține la $x = 0$

$$\Delta h_{\max} = \frac{\lambda}{\lambda + L_0 \cdot th \frac{L}{\lambda}} \cdot H \quad (3.89)$$

și valoarea minimă la $x = L$

$$\Delta h_{\min} = \frac{\lambda}{\lambda \cdot ch \frac{L}{\lambda} + L_0 \cdot sh \frac{L}{\lambda}} \quad (3.90)$$

Dacă valoarea lui Δh_{\min} rezultă 0,5 m și dacă

condițiile pedoclimatice sunt corespunzătoare se recomandă în aceste zone apărate amenajarea de orezării, ținând seamă de calculul efectuat în regim hidraulic permanent.

4° Evacuarea apelor de pe terenurile în pantă

Rețeaua de canale este trasată după curbele de nivel, cu panta necesară transportului debitului colectat în aval (fig. 3.7) și evacuat într-un canal cu trepte de cădere pe direcția celei mai mari pante.

Ne interesează să calculăm debitul pe unitatea de lățime de scurgere, ca apoi, înmulțind cu lungimea canalului, să obținem debitul din secțiunea aval necesară dimensionării secțiunii canalului.

Astfel, în secțiunea x se poate scrie:

$$v_x = C \cdot \sqrt{R \cdot i} = C \sqrt{y \cdot i} \quad (3.91)$$

Alegând, după Cerkasov, $C = m\sqrt{y}$

unde:

$m = 43,5$ pentru terenuri arate în lungul pantei

$m = 24,85$ pentru terenuri arate și netezite

$m = 14,5 \dots 10,88$ pentru pășune

obținem:

$$v_x = m \cdot y \cdot \sqrt{i} = C_0 \cdot y \quad (3.92)$$

$$C_0 = m \cdot \sqrt{i} \text{ și } Q_x = C_0 \cdot y^2 \quad (3.93)$$

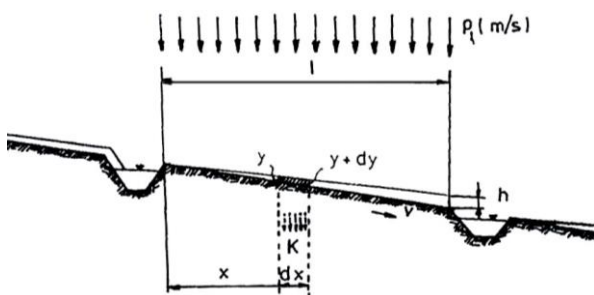


Fig. 3.7. Schema de calcul a evacuării apei de pe terenurile în pantă

Variația debitului pe lungimea dx se poate scrie sub două forme:

$$1) dQ = (y + dy)(y + dy) \cdot C_0 - y^2 \cdot C_0 = 2 \cdot C_0 \cdot y \cdot dy$$

$$2) dQ = (pi - K) \cdot dx \cdot 1 \text{ m}$$

Egalând cele două forme de scriere a lui dQ , obținem:

$$2C_0 \cdot y \cdot dy = (pi - K)dx \quad (3.94)$$

și integrând obținem:

$$C_0 \cdot y^2 = (pi - K) \cdot x + C' \quad (3.95)$$

Pentru $x = 0$; $y = 0$ și $C' = 0$, obținem ecuația suprafeței apei:

$$y = \sqrt{(pi + K) \frac{x}{C_0}} \quad (3.96)$$

În timpul ploii, durata de scurgere a unei particule până în secțiunea x este:

$$t_x = \int_0^x \frac{dx}{v_x} = \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{C_0(pi + K)x}} = 2\sqrt{\frac{x}{C_0(pi + K)}} \quad (3.97)$$

Pentru a parcurge distanța l în timpul ploii, avem:

$$t_l = 2\sqrt{\frac{l}{C_0(pi + K)}} \quad (3.98)$$

Într-o secțiune de scurgere pe o fâșie de 1 m, avem debitul:

$$Q = V_x \cdot y \quad (3.99)$$

cu valoarea maximă la

$$x = l; y = h;$$

$$Q_{\max} = C_0 \cdot h^2 = (pi - K)l, \text{ în } (m^3/s) \quad (3.100)$$

După oprirea ploii pe teren se găsește volumul V , pe 1 m lățime care se va evacua în timpul de scurgere τ . Pentru a calcula valoarea lui τ vom scrie sub două forme volumele V :

$$v = \int_0^l y dx = \int_0^l \sqrt{(pi - K) \frac{x}{C_0}} dx = \frac{2}{3} \sqrt{(pi - K) \frac{l^3}{C_0}}$$

$$v = \tau(Q_0 + K_0 \cdot l)$$

în care Q_0 este debitul mediu ce se va scurge în canal.

$$Q_0 = C_0 \cdot y_0^2,$$

unde:

$$y_0 = \frac{1}{2} \sqrt{(pi - K)^n \frac{l}{C_0}}$$

și $n = 0,75$, iar K_0 este coeficientul de filtrație mediu în timpul τ .

Egalând cele două forme de scriere ale volumului obținem durata de scurgere:

$$\frac{2}{3} \sqrt{(pi - K) \frac{l^3}{C_0}} = \tau \left[\frac{C_0}{4} (pi - K)^n \frac{l}{C_0} + K_0 \cdot l \right]$$

$$\tau = \frac{8}{3} \sqrt{\frac{1}{C_0}} \cdot \frac{\sqrt{(pi - K)l}}{(pi - K)^n + 4K_0} \quad (3.101)$$

5° Metode de desecare și drenaj, clasificări, analize

Prin lucrările de desecare se înțeleg amenajările necesare evacuării apei stagnante la suprafața terenului. În alte țări acestea se numesc drenaje de suprafață. Pentru coborârea nivelului freatic în profilul de sol se realizează lucrări de drenaje subterane tubulare, orizontale sau verticale, care colectează apa din sol evacuând-o într-un emisar. Lucrările de desecare necesită o nivelare a terenului realizând plane înclinate spre canalele deschise trasate rectangular într-o rețea (sistematică), cu parcele uniforme pe cât posibil. Pe terenurile orizontale se realizează lucrarea de modelare a terenului între două canale executând arătura la cormană,

3-4 ani la rând, obținându-se coame cu pante de scurgere de 2-3% spre canale-rigole, trasate la 30-40 m.

Dacă nu se realizează lucrări de nivelare rețeaua de canale de desecare va fi nesistematică urmând trasee prin văile și depresiunile existente, pentru a se evacua apele stagnante.

Principalele metode de desecare-drenaj sunt:

1. Rețea de canale de desecare trasate pe terenurile agricole, unde avem exces de apă prin stagnarea apei la suprafața terenului;

2. Colmatarea terenurilor joase inundabile cu scopul de a ridica cota terenului față de nivelul frecvent al apei de suprafață, realizând în viitor doar un nivel freatic la adâncimea necesară menținerii capacității de câmp în stratul activ de sol.

3. Cucerirea de uscat din golfurile puțin adânci ale mărilor prin lucrări de îndiguire și realizarea de incinte îndiguite (poldere) din care se scoate apa prin lucrările de canale de desecare și apoi drenaj subteran. Este exemplul Olandei, unde circa 1/3 din teritoriu a fost cucerit din Marea Nordului. Asemenea lucrare se poate executa, la noi în țară, în golful Musura din Marea Neagră.

4. Desecarea biologică când se plantează culturi sau arbori cu consum mare de apă prin transpirație.

5. Drenajul subteran cu tuburi orizontale.

6. Drenajul vertical cu fântâni.

7. Lucrări de afânare a solurilor grele, menite să ușureze infiltrarea în adâncime a apei stagnante la suprafață; această măsură se combină obligatoriu cu drenajul cârțiță sau tubular pentru a nu ridica nivelul freatic peste limita admisă.

Analizând și clasificând ordinea acestor lucrări se menționează următoarele: amenajările încep cu proiectarea și execuția rețelei de canale deschise (din aval spre amonte) pentru îndeșirea rețelei hidrografice naturale. Această rețea poate fi completată și îndeșită până la obținerea efectului dorit de eliminarea apei de la suprafețele terenului. După 3-5 ani de funcționare a rețelei de canale se urmărește dacă nivelul freatic este menținut la adâncimea necesară, în caz contrar se propun lucrări de drenaj subteran. Pe solurile grele se impune o analiză a capacității de filtrare a solului propunând un complex de măsuri: nivelare, modelare, afânare, cârțiță, drenaj tubular colector tranșee filtrantă, luate într-o combinație rezultată pe baza studiilor din câmpurile experimentale de drenaj, aflate în producție agricolă, pe aceste terenuri.

3.2. APA ÎN IRIGAȚII. DEBITE, VOLUME ȘI CONDIȚII DE RAȚIONALIZARE

3.2.1. PROBLEME DE ANSAMBLU

Debitele și volumele de apă care se captează din sursă – S – (de apă) și se tranzitează în sistemul de irigații (SI), fiind elementele determinante în dimensionarea hidraulico-constructivă și energetică a întregii amenajări, constituie primul subiect ce trebuie abordat într-o lucrare direcționată pe „raționalizări în irigații, respectiv drenaje etc.”.

De subliniat, de la început, că în determinarea acestor elemente proiectantul este confruntat cu o serie de ipoteze de calcul derivate din complexitatea problemei, la care concură pe lângă factorii naturali și cei tehnico-organizatorici, prioritare fiind premisele care stau la baza programelor de exploatare.

Atribuțiile atât de complexe ale sistemelor de irigații, de la rolul inițial de „umectare-udare” și până la cel de „sistemizare complexă hidraulico-teritorială și cu producere de energie”, precum și mare diferențiere a tehnicilor de irigare, amenajare și udare, de la cea clasică prin „scurgere la suprafață” și până la cea subterană „punctiformă” sau cea de protecție „antigel”, arată gradul ridicat de dificultate la fixarea **debitului**, respectiv a **volumului** de apă ce stau la baza proiectării SI.

O corectă și funcțională dimensionare a unui sistem complex de irigații, precum și a unor sisteme cu tehnici speciale, nu se poate face fără cunoașterea competenței a tehnicilor de irigare și udare, a tehnicilor de amenajare, a tehnicilor de distribuție, reglări și comenzi, a tehnicilor de automatizare, a specificului funcțional al sectoarelor cu care se cooperează, a cerințelor de protecție a mediului și de menținere a echilibrului ecologic etc.

Structura și capacitatea resurselor de apă, soluțiile de captare, cele de transport („deschise” și „închise”, „fără” sau cu „presiune”) și cele de distribuție a apei („continuu”, prin „rotație” sau la „cerere”), tipul de comandă indicat (prin „amonte”, prin „aval”, „mixt”), rolul irigației (de „udare-umectare”, de „protecție”, de „fertilizare”, de „amendare” etc.), tehnicile de irigat („scurgerea la suprafață”, „aspersiunea”, irigarea „localizată-picurare, rampe perforate, punctiformă”, „subterană – cu și fără presiune”, „submersia” etc.) arată, de asemenea, mare diversitate în care proiectantul trebuie să stabilească structura și dimensiunile debitelor și volumelor de apă pentru sistemele de irigații.

Din această vastă problematică reținem pentru tehnica irigațiilor, în legătură cu debitul (Q) și volumul (V) de apă, trei aspecte care devin probleme ce diferențiază fundamental condițiile de proiectare ale acestora (Q , V):

1. Debitele și volumele specifice tehnicilor de irigații cu rol de udare-umectare; acestea vor dimensi-

ona: centrele de priză, rețelele de aducțiune și distribuție și elementele diverselor tehnici de irigare-udare, la care se vor adăuga și cele legate de apă optim economică.

2. Debitul și volumele specifice tehnicilor de irigare cu rol de protecție (antigel).

3. Debitul și volumele specifice tehnicilor de irigare cu rol mixt: irigare-udare, amendare-desalinizare și protecție contra buruienilor și temperaturilor scăzute (tehnica amenajării orezăriilor).

Determinarea debitelor și volumelor de apă la care se proiectează sistemul de irigații nefiind probleme pur hidraulice, trebuie înțeles că pentru rezolvare vor interveni aspecte și parametri extrem de variați, naturali, tehnici, organizatorici, social și economici.

Sistemul de irigații (SI) modern este un ansamblu de construcții și instalații cu specific tehnico-economic care are rolul de a corela, din punct de vedere al apei, condițiile naturale cu necesitățile de exploatare a teritoriului aflat sub influența SI. Corelarea este îndeplinită când se realizează:

- satisfacerea cu apă a tuturor sectoarelor aferente SI în cantitatea, de calitate și la termenele necesare, pe cât posibil la „cerere”;

- funcționarea continuă a aducțiunilor zonale (CM, CDDG și chiar CPI)¹⁾ în toate anotimpurile, în limite eficiente;

- dreptul la apă pentru fiecare beneficiar, proporțional cu suprafața ce o are în exploatare, cu sarcinile ce le suportă, sau după alte criterii fixate la intrarea în funcțiune a folosinței de apă, eventual modificate ulterior, cu acordul administrației SI;

- în caz de deficit de apă în sursa (S) și în SI se impune o distribuție cu aceleași restricții pentru toți beneficiarii sau diferențiat după folosințe și planul de organizare stabilit anterior. Echipamentul de reglări și de distribuție al SI trebuie prevăzut de așa natură, încât beneficiarii din amonte, situați în apropierea prizei (S), să nu dispună nelimitat de apă, în defavoarea celor din aval;

- asigurarea luptei contra captării din rețea a unui volum de apă superior celui necesar udărilor (folosințelor), în tendința ce o au beneficiarii de a abuza de udări gândind că vor avea recolte mai mari;

- maximum de venit (recoltă) pe unitatea de apă distribuită, îndeosebi când sursa de apă este redusă sau excesiv de scumpă (acumulări, aducțiuni prin pompare etc.);

- maximum de venit (recoltă) pe unitatea de suprafață irigată, îndeosebi când terenul agricol este redus sau foarte scump (în apropierea centrelor intens

populate, industriale, în zone cu folosințe complexe etc.);

- satisfacerea și a altor cerințe locale, ca: spălarea și drenarea sărăturilor, distribuția îngrășămintelor, lupta antigel etc.;

- condițiile de valorificare maximă a produselor obținute pe teritoriul irigat și urmărirea creșterii producțiilor în raport cu cerințele locale, ale pieței interne și externe (produse brute și prelucrate);

- asigurarea creșterii potențialului economic al teritoriului aflat în perimetrul SI.

Din enumerarea caracteristicilor de mai sus rezultă complexitatea funcțional-constructivă a SI, necesitatea dimensionării fiecărui element al rețelei SI, astfel ca să poată asigura debitul de apă necesar; rezultă, de asemenea, că operația proiectării nu se reduce la o simplă dimensionare hidraulică a rețelei.

Hotărâtoare în realizarea obiectivelor enunțate este condiția de a se asigura apa necesară când este nevoie, în acțiunile (nodurile) de distribuție, la beneficiari și folosințe, ceea ce este posibil prin automatizarea completă a SI. Aceasta implică realizarea a două aspecte centrale: în primul rând, alegerea-adopțarea unor debite de apă corespunzătoare fiecărui element al SI; în al doilea rând, alegerea-adopțarea unui regim de funcționare (distribuții, comenzi, reglări) pe întreaga rețea a SI și pe fiecare element în parte, încât să se poată asigura la „termen” apa necesară. Complexitatea primului aspect a condus, în timp, la elaborarea diverselor soluții de proiectare a acestui debit, reținut în final ca un *debit specific* raportat la unitatea de suprafață (l/s ha), în: soluția *debitului caracteristic* (q_c) și în soluția *debitului hidromodulului* (λ).

Ambele soluții au la bază analiza bilanțului de apă: lunar în cazul q_c și pe întreaga perioadă de vegetație (condiționat de intervalul umidității active) în cazul λ .

Ambele soluții sunt necesare în proiectarea unui sistem de irigații: q_c dimensionând în special elementele de distribuție și de udare, care asigură apa la consumator (hectarul fiind ocupat de cultura cu consum zilnic – $e + t^x$ – maxim), iar λ dimensionând elementele de captare, aducțiune și distribuție (hectarul fiind considerat că este ocupat teoretic-procentual și calitativ):

- cu toate plantele planului de cultură pentru SI ce deservește suprafețe vaste cu mai multe structuri de asolamente. Pentru studiile inițiale, când nu se cunoaște încă structura planului de cultură, se poate adopta un plan mediu: 50% porumb, 20% cereale, 20% lucernă, 10% plante tehnice;

- cu toate culturile din asolament, pentru SI ce deservește un asolament.

În ambele soluții (q_c și λ) se pornește de la ideea că solul este un rezervor natural de apă, care poate să o

¹⁾ CM – canal magistral; CD – canal distribuitor dintre gospodării; CPI – canal principal de irigații

pună la dispoziția plantelor, în anumite limite sau plafoane: plafonul superior-optim, care se consideră la nivelul capacității de câmp, și plafonul inferior minim P_m , situat pe intervalul umidității active ($C - C_0$), deasupra coeficientului de ofilire C_0 .

Mărimea P_m și modul de exprimare se pot vedea în tabelul nr. 3.2.

Tabelul nr. 3.2. Plafonul minim (P_m) al unor grupe de soluri caracteristice pentru România

Solul	Grupe texturală	P_m – exprimat ca (în):		
		Fracție din intervalul umidității active	Procente din capacitatea de câmp (%)	Procente din umiditate raportate la 100 g sol uscat (%)
Cernoziom format pe nisip de dune	ușor	$C_o + \frac{1}{3}(C - C_o)$	50	10
Cernoziom castaniu format pe lăss	mediu	$C_o + \frac{1}{2}(C - C_o)$	72	18
Sol brun roșcat de pădure, pe lăss	greu	$C_o + \frac{2}{3}(C - C_o)$	86	20,5

3.2.2. DEBITUL SPECIFIC

1° În soluția debitului caracteristic q_c , cu date din alte țări și din țară

Literatura tehnică franceză, ca și majoritatea institutelor de proiectări de profil din alte țări au adoptat soluția „debitului caracteristic” (sau „debit fictiv continuu”). Chiar dacă acesta a căpătat denumiri diferite, semnificația și conținutul sunt aceleași.

Schema de prezentare și exemplificările date de către M. Poirée și Ch. Ollier fiind foarte clare și concludente pentru scopul urmărit în această lucrare, vor fi folosite în mare măsură, pentru prezentarea acestei soluții.

Debitul q_c rezultă din repartizarea teoretică a dozei (normei) lunare de udare, pe întreaga perioadă de timp (luna respectivă: $t = 30$ zile x 24 ore x 3600 secunde).

În calcul se pornește de la cerințele de apă ($e + t$) zilnice decadale sau lunare ale fiecărei culturi și perioade (tabelul nr. 3.3 și fig. 3.8).

Tabelul nr. 3.3. Cerințe zilnice de apă (mm).
Zone temperate din Franța

Culturile/ lunile	Aprilie	Mai	Iunie	Iulie	August	Septembrie
Grâu	0,5	1,5	4	3	-	-
Orz	-	2	5	4	-	-
Porumb	-	3	4	5	-	-

Vie	-	-	1	2	2	-
Lucernă	4	5	6	7	7	4
Pășuni	3,5	4	6	7	6	4
Cartofi	-	0,5	1	4	2	0,5

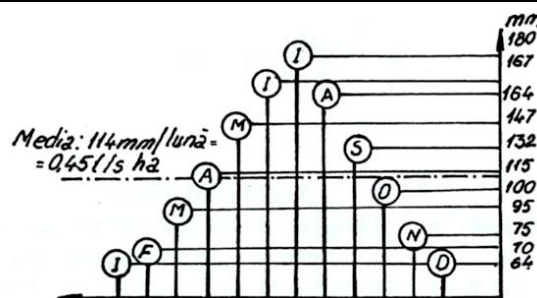


Fig. 3.8. Exemplu de variație lunară a cerințelor de apă pentru lucernă

Se adoptă ca durată de calcul *luna* pentru motivul că datele oferite de stațiile hidro-meteorologice, ca și alte statistici, se referă în general la acest interval de timp.

Datele din tabelul nr. 3.3, valabile pentru sudul Franței, se pot folosi numai orientativ pentru alte zone. În continuare, vom valorifica datele din stațiunile noastre experimentale.

Din figura 3.8 rezultă că valorile maxime ale cerințelor de apă corespund lunilor de vară cu temperaturi și deficite maxime, deci lunilor celor mai sece-toase.

Aceste valori maxime prezintă, de altfel, interesul pentru tehnica proiectării elementelor sistemelor de irigații care este bine să fie dimensionate în raport cu debitele cerințelor perioadei de vârf adoptată.

Cu privire la variațiile cerințelor de apă din tabelul nr. 3.3, este de menționat că de la o regiune la alta, în aceeași zonă climatică valorile maxime nu vor fi prea depărtate de acestea; ceea ce va diferi de la o regiune la alta va fi mai mult durata perioadei secetoase, deci cantitatea totală de apă necesară, și nu consumul zilnic (tabelul nr. 3.4).

Se reține noțiunea de debit caracteristic, cu semnificația rezultată din analiza următoare:

– se reface tabelul nr. 3.3 cu consumurile zilnice transformate în $m^3/zi/ha$ (deci se amplifică datele tabelului nr. 3.4 cu 10; de exemplu, grâul reclamă pentru consumul maxim din luna iunie 4 mm/zi, respectiv 40 m^3/zi la ha, doza sau norma zilnică);

– dacă se consideră că doza (norma) zilnică se repartizează continuu în timpul celor 24 ore ale zilei, se obține debitul continuu fictiv; cu aceste debite se întocmește tabelul debitelor fictive continue, corespunzătoare fiecărei luni;

– debitul fictiv continuu al lunii celei mai sece-toase, deci debitul maxim fictiv, poartă denumirea de debit caracteristic q_c (numit impropriu și coeficient ca-

racteristic de udare).

La grâu, de exemplu, pentru care cerința (doza)

zilnică maximă este în luna iunie 4 mm/zi ha, debitul

caracteristic $q_c = 40\,000 / 86\,400 = 0,46$ l/s ha.

Tabelul nr. 3.4. Media consumului total zilnic ($e + t$) pe luni și a consumului total pe perioada de vegetație $[\sum(e + t)]$ pentru câteva culturi agricole, în Câmpia Română (Cazacu, E. ș.a)

Zona și cultura	Media consumului zilnic (e+t) pe luni (mm)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Stepă uscată												
- grâu de toamnă	0,8	0,6	0,8	1,4	4,6	4,5	-	-	1,4	1,1	0,9	1,0
- porumb	-	-	-	-	1,4	3,0	5,5	5,3	2,6	-	-	-
Stepă moderată												
- grâu de toamnă	0,7	1,0	1,3	2,6	3,8	3,7	3,7	-	3,2	1,8	0,6	0,5
- porumb	-	-	-	1,0	1,7	3,7	6,3	5,5	2,8	-	-	-
- lucernă an I	-	-	1,0	1,4	2,2	4,7	5,3	5,4	3,6	1,4	-	-
- lucernă an II	-	-	-	1,8	4,9	5,8	6,8	5,2	2,9	-	-	-
Silvostepă												
- porumb	-	-	-	-	1,7	3,8	5,8	4,6	2,5	-	-	-
- lucernă an I	-	-	-	1,7	2,9	4,9	5,1	4,9	3,6	2,2	-	-
- lucernă an II	-	-	-	2,0	3,2	5,1	6,1	4,9	3,1	-	-	-
Tranziția la zona forestieră												
- grâu de toamnă	0,9	1,0	1,7	2,7	3,1	4,0	-	-	-	1,0	1,2	0,6
- porumb	-	-	-	-	2,6	4,2	5,5	4,4	2,0	1,3	-	-
- lucernă an I	-	-	-	1,5	2,8	5,3	5,2	5,3	2,9	1,8	-	-
- lucernă an II	-	-	-	2,6	3,2	4,7	5,1	4,8	3,8	2,5	-	-

Acest debit poate fi mărit sau redus, în funcție de condițiile climatice ale lunii respective: dacă pierderile de apă prin evaporațiile climatice ale lunii respective: dacă pierderile de apă prin evaporație și infiltrație sunt importante (de exemplu 50%) și perioada este lipsită de ploi, atunci debitul q_c va crește la aproximativ 0,68 l/s ha dacă, din contră vor cădea precipitații importante, de exemplu 50 mm pe lună (respectiv un debit continuu de $\frac{0,05 \cdot 10000}{86400 \cdot 30} = 0,19$ l/s ha), atunci debitul caracteristic va fi redus la circa 0,50 l/s ha (fața de precedentul).

2° În soluția hidromodulului λ^1

Aceasta conduce spre următoarea definiție a hidromodulului: debitul de apă necesar irigării suprafeței de 1 ha (în întreaga perioadă de vegetație), considerat teoretic a fi ocupat cantitativ (procentual) și calitativ cu toate culturile asolamentului respectiv, în scopul acoperirii deficitului de umiditate din sol.

Rezultă că hidromodulul include în componența

¹⁾ Detalii asupra tipului de bilanț (cu sau fără aport freatic etc.), asupra elementelor regimului de irigație, ca și asupra actualei tehnologii de proiectare a debitului de calcul nu se mai dau în prezenta lucrare. Acestea pot fi urmărite în lucrările: *Irigații și desecări*, Valeriu Bli-daru, 1969 (cap. 7); *Amenajări de irigații*, E. Cazacu, M. Dorobanțu, I. Georgescu, E. Sârbu, 1972 (cap. 3); *Instrucțiunile ISPIF*, 1976; *Sisteme de irigații și drenaje*, Valeriu Bli-daru, 1976 și 1997.

sa întregul regim de irigație ce se desfășoară în cadrul asolamentului.

3.2.3. NECESARUL DE APĂ DE IRIGAȚIE AL CULTURILOR AGRICOLE – ÎN ROMÂNIA

Pe baza cercetărilor efectuate în câmpuri experimentale staționare asupra consumului de apă al principalelor culturi irigate, se prezintă în tabelul nr. 3.5 consumurile medii zilnice lunare pentru perioada de vegetație a principalelor plante, precum și necesarul de apă de irigație (valori medii) pe puncte de cercetare și pe culturi.

Datele de consum din tabelul nr. 3.5 se referă la următoarele niveluri de producție, pe culturi (Gh. Pri-cop):

porumb	10.000 – 12.000 kg/ha
lucernă	17.000 – 23.000 kg/ha
sfeclă de zahăr	57.000 – 68.000 kg/ha
cartofi	35.000 – 50.000 kg/ha
grâu	3.500 – 5.000 kg/ha
porumb siloz c.d.	35.000 – 50.000 kg/ha
soia	2.700 – 4.000 kg/ha
fasole	2.500 – 3.800 kg/ha

Metoda de calcul prezentată determină necesarul de apă la plantă, necesară elaborării documentațiilor tehnice pentru amenajările de irigație; această metodă

nu se va aplica în procesul de exploatare a amenajărilor de irigații.

Metoda adoptată pentru calculul necesarului de apă al culturilor irigate este metoda bilanțului apei în sol.

Tabelul nr. 3.5. Consumurile medii zilnice lunare și necesarul mediu de apă de irigație

Punctul de cercetare	Cultura	Consumul mediu zilnic lunar (m ³ /ha zi)						Necesar mediu anual de apă de irigație (m ³ /ha)
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Valul lui Traian	porumb	13	21	34	58	49	21	3842
	lucernă	24	31	42	47	45	25	4377
	sfeclă de zahăr	16	24	53	56	47	29	4711
	cartofi	16	29	54	54	29	-	3669
	grâu *	16/30	48	42	-	-	-	2691
	porumb siloz c.d.	-	-	-	23	33	54	1791
	soia	15	22	34	53	44	23	3683
	floarea-soarelui	17	24	54	62	30	-	2823
	fasole	15	20	39	44	-	-	2057
Brăila	porumb	16	19	41	58	51	21	3644
	lucernă	29	41	42	57	52	32	5046
	sfeclă de zahăr	15	23	46	57	49	29	4005
	cartofi	18	25	48	47	33	-	2838
	grâu *	12/23	42	43	-	-	-	1909
	porumb siloz c.d.	-	-	-	32	37	30	1876
	soia	15	20	38	54	44	32	3514
	floarea-soarelui	14	26	50	58	32	-	3119
	fasole	15	17	37	54	36	-	2480
Mărculești	porumb	14	22	40	61	54	28	3777
	lucernă	25	38	43	57	52	34	4687
	sfeclă de zahăr	14	25	48	62	50	29	4047
	cartofi	12	24	49	48	32	-	2458
	grâu *	16/28	44	38	-	-	-	2608
	porumb siloz c.d.	-	-	-	26	40	32	1744
	soia	14	26	47	59	47	28	3832
	floarea-soarelui	15	24	61	66	29	-	3373
	fasole	-	23	44	55	32	-	2923
Băneasa - Giurgiu	porumb	22	28	43	58	43	27	3420
	lucernă	27	35	46	59	50	34	4334
	sfeclă de zahăr	20	28	49	56	51	25	3666
	cartofi	20	27	48	56	37	-	2875
	grâu *	26/38	41	44	-	-	-	2515
	porumb siloz c.d.	-	-	-	40	42	36	2054
	soia	19	32	45	64	43	28	3730
	floarea-soarelui	23	32	53	52	48	-	3439
	fasole	14	24	43	52	-	-	1641
Drăgănești Teleorman	porumb	20	28	43	55	45	29	3476
	lucernă	25	35	43	48	45	33	3746
	sfeclă de zahăr	19	35	45	55	43	35	3841
	cartofi	19	33	47	39	29	-	2304
	grâu *	17/31	41	37	-	-	-	1801
	porumb siloz c.d.	-	-	-	32	39	31	1610
	soia	21	24	46	54	45	29	3441

* prima cifră din luna a IV-a se referă la luna a III-a (martie)

	floarea-soarelui	19	35	51	54	34	-	3106
	fasole	16	28	43	42	24	-	1677
Caracal	porumb	18	26	39	59	42	24	3180
	lucernă	29	35	39	55	49	33	4152
	sfeclă de zahăr	18	28	49	55	44	28	3600
	cartofi	18	29	43	43	23	-	1984
	grâu *	17/29	41	37	-	-	-	1674
	porumb siloz c.d.	-	-	-	27	39	28	1423
	soia	16	24	41	60	36	25	3993
	floarea-soarelui	16	35	56	58	26	-	3088
Arad	fasole	15	24	46	51	31	-	2325
	porumb	18	28	45	61	47	22	3646
	lucernă	26	33	46	53	45	28	3940
	sfeclă de zahăr	22	32	46	56	40	25	3638
	cartofi	24	28	41	49	31	-	2547
	grâu *	15/25	45	38	-	-	-	1688
	porumb siloz c.d.	-	-	-	34	44	30	1968
	soia	21	35	47	56	38	19	3489
Podul Iloaiei	floarea-soarelui	23	32	50	65	34	-	3500
	fasole	15	31	44	45	26	-	2181
	porumb	15	25	39	51	38	19	2218
	lucernă	29	38	43	50	36	20	3098
	sfeclă de zahăr	19	25	45	51	38	29	2818
	cartofi	19	27	48	43	30	17	2114
	grâu *	17/29	43	47	-	-	-	2150
	porumb siloz c.d.	-	-	-	26	32	26	837
Băneasa București	soia	22	23	39	51	38	19	2366
	floarea-soarelui	20	27	44	54	38	-	2457
	fasole	23	24	40	45	33	-	1940
	porumb	17	25	40	52	42	22	2555
	lucernă	22	30	46	50	45	36	3491
	sfeclă de zahăr	19	26	42	58	46	28	3196
	cartofi	17	27	40	50	40	-	2178
	grâu *	11/22	33	38	-	-	-	1718
Cluj Napoca	porumb siloz c.d.	-	-	-	33	35	30	835
	soia	16	24	36	53	39	28	2492
	floarea-soarelui	16	24	47	54	34	-	2203
	fasole	15	24	41	45	34	-	1714
	porumb	17	26	34	39	31	22	1078
Malu Mare Craiova	lucernă	23	27	37	39	24	19	1072
	sfeclă de zahăr	17	25	35	43	31	19	1111
	cartofi	18	26	39	45	32	22	1475
	porumb siloz c.d.	-	-	-	33	33	29	965
	porumb	16	23	37	48	34	17	2407
	lucernă	24	33	41	44	31	21	2975
	cartofi	15	34	40	33	-	-	1506
	grâu *	16/25	38	35	-	-	-	1473
	porumb siloz c.d.	-	-	-	27	36	32	1668
	soia	18	21	40	44	30	20	2331
	floarea-soarelui	17	28	45	47	27	-	2379

NOTĂ: În cazul udării localizate necesarul de apă de irigații se diminuează ținând seamă de mărimea suprafeței efectiv umectate.

	fasole	13	26	42	34	-	-	1288
	arahis	15	24	36	50	38	25	2798

Calculule de bilanț al apei în sol și ale normelor de irigație trebuie efectuate pe șiruri de ani consecutivi, nefiind admisă utilizarea de șiruri întrerupte. Se recomandă ca bilanțul să se calculeze pe un șir de minimum 25 ani.

Notând cu:

M = deficitul de apă din sol care nu este acoperit de apa din precipitații, din aprovizionarea freatică sau din rezerva de apă din sol sau excedentul de apă din sol care nu se poate acumula într-un strat de sol de o anumită grosime (m^3/ha);

ET = evapotranspirația sau consumul total de apă, reprezentând cantitatea de apă extrasă din sol prin transpirația plantelor, la care se adaugă evaporația directă a apei de la suprafața solului (m^3/ha);

ETP = evapotranspirația potențială, care este cantitatea de apă pierdută în atmosferă de o suprafață orizontală a unui câmp acoperit de o vegetație verde, deasă, de talie joasă, în plină dezvoltare și dispunând de apă din abundență (m^3/ha);

$ETRO$ = evapotranspirația reală optimă sau consumul total de apă prin transpirația plantelor și prin evaporația de la suprafața solului a unui câmp cultivat la o umiditate a solului care asigură o producție agricolă în condiții economice (m^3/ha);

P = aportul de apă din precipitațiile lunii de calcul (m^3/ha);

A_f = aportul de apă din pânza freatică în luna de calcul (m^3/ha);

R_i = rezerva de apă existentă în sol la începutul lunii de calcul (m^3/ha);

R_f = rezerva finală de apă existentă în sol la începutul lunii de calcul (m^3/ha);

H = adâncimea stratului de sol în care se înmagazinează apa care poate fi folosită de plante (m);

h = adâncimea stratului activ de sol în care se dezvoltă masa principală a rădăcinilor și care variază cu planta, stadiul ei de vegetație, solul și zona naturală (m);

P_{min} = valoarea minimă admisibilă a umidității solului în perioada de vegetație (plafon minim) pe adâncimea h (m^3/ha);

CC = capacitatea de câmp pentru apă a solului (m^3/ha);

CO = coeficientul de ofilire al solului (m^3/ha);

DA = densitatea aparentă a solului (m^3/ha);

$R_{max(H)}$ = rezerva maximă de apă în sol, corespunzătoare capacității de câmp pentru apă, pe adâncimea de 1,5 m la solurile profunde; pentru solurile cu profil scurt se ia adâncimea acestuia, iar pentru cele care prezintă orizonturi argiloiluviale grele și tasate, valorile se prezintă în tabelul nr. 3.6 a (m^3/ha);

$R_{min(H)}$ = rezerva minimă de apă în sol, corespunzătoare coeficientului de ofilire, pe adâncimea de 1,5 m la solurile profunde; pentru solurile cu profil scurt se ia adâncimea acestuia, iar pentru cele care prezintă orizonturi argiloiluviale grele și tasate, valorile din tabelul nr. 3.6 a (m^3/ha);

$R_{max(h)}$ = rezerva maximă de apă în sol, corespunzătoare capacității de câmp pentru apă în stratul activ h (m^3/ha);

$R_{min(h)}$ = rezerva minimă de apă în sol, corespunzătoare plafonului minim în stratul activ h , (m^3/ha);

M_i = norma de irigație în luna de calcul (m^3/ha);

m = norma de udare în perioada de vegetație (m^3/ha);

a = norma udării de aprovizionare (m^3/ha);

$\sum m$ = norma de irigație în perioada de vegetație (m^3/ha).

Din bilanțul apei în sol, se stabilește necesarul de apă al culturilor irigate pentru o lună:

$$M_i = ETRO - P - A_f + R_f - R_i \quad (m^3/ha) \quad (3.102)$$

Tabelul nr. 3.6.a. Grosimea maximă a stratului de înmagazinare (H) și a stratului de dezvoltare a masei principale a rădăcinilor (h) pentru solurile grele și compacte

Tipul (subtipul) de sol	Grosimea limită (m) a stratului	
	H	h
Cernoziomuri argilice; soluri brune argilice, soluri brun-roșcate podzolite (subtipurile vertice)	1,20-1,40	0,70-1,00
Soluri brune podzolite	0,70-1,00	0,40-0,60
Soluri podzolite argiloiluviale	0,70-0,90	0,50-0,70
Planosoluri	0,70-0,80	0,40-0,70
Vertisoluri	0,90-1,20	0,60-0,80
Soluri pseudogleice	0,70-0,90	0,40-0,60

Bilanțul apei în sol determină cantitatea de apă care trebuie dată prin irigație, astfel încât în perioada de vegetație, cantitatea de apă din sol să nu scadă sub o valoare minimă admisibilă (plafon minim).

La stabilirea regimului optim de umiditate necesar în sol se admit următoarele ipoteze:

a) în lunile din afara perioadei de vegetație, nu se prescrie o limită minimă a rezervei de apă din sol (această rezervă ar putea teoretic să scadă până la valoarea corespunzătoare coeficientului de ofilire); în această perioadă calculele se efectuează pe adâncimea maximă (H) în care se înmagazinează apa care poate fi folosită de plante;

b) în perioada de vegetație, rezerva de apă în sol

poate varia între rezerva maximă și o rezervă minimă, calculele efectuându-se pe adâncimea (h) în care se dezvoltă masa principală a rădăcinilor plantelor;

c) în afara perioadei de vegetație sau la începutul ei poate apare necesitatea unor udări de aprovizionare, care în condițiile țării noastre se aplică fie în lunile septembrie-octombrie sub forma udărilor pentru asigurarea răsăritului la culturile de toamnă, în cazul toamnelor secetoase, fie în lunile martie-aprilie pentru culturile de primăvară, atunci când apare un deficit de apă în stratul superior al solului.

În calculul *necesarului de apă al culturilor irigate* se pot întâlni următoarele situații:

a) stratul de sol capabil să înmagazineze apa este profund; în aceste situații se ia în considerare adâncimea de 1,5 m în perioada rece (1 octombrie – 1 aprilie) și adâncimea statului activ (la care se găsește masa principală a rădăcinilor) în perioada de vegetație (1 aprilie – 1 octombrie) această adâncime depinzând de planta cultivată, stadiul ei de vegetație și de zona naturală, valorile orientative respective fiind date în tabelul nr. 3.6.b;

b) stratul de sol capabil să înmagazineze apa este subțire; în aceste situații bilanțul apei în sol se face numai pe adâncimea acestui strat;

c) în cazul solurilor grele, cu orizonturi argilo-iluviale tasate, se vor folosi datele cuprinse în tabelul nr. 3.6.a.

Tabelul nr. 3.6.b. Adâncimea de dezvoltare a masei principale a rădăcinilor pe culturi și zone climatice (m)

Culturile	Zona secetoasă (Dobrogea și Bărăganul de nord)	Restul zonelor
Fasole, grâu, legume, porumb cultură dublă după grâu (între 15 și 31 iulie)	0,75	0,50
Lucernă an I, floarea-soarelui, sfeclă, cartofi, porumb, soia, viță de vie, porumb cultură dublă după grâu (din luna august)	1,00	0,75
Lucernă an II și III, pomi	1,25	1,00

Consumul total de apă prin transpirația plantelor și prin evaporație de la suprafața solului – evapotranspirația (ET) – în condiții de irigație poate fi:

a) evapotranspirația potențială (ETP) sau de referință (ET_0) și

b) evapotranspirația reală optimă ($ETRO$).

Stabilirea mărimii $ETRO$ se face pornind de la valoarea calculată ETP după metoda Thornthwaite, căreia – pentru țara noastră – i se aplică o corecție d în funcție de zona naturală și de cultura agricolă.

Elementele climatice pentru calcularea ETP se iau de la stația meteorologică cea mai apropiată, situată

în condiții pedoclimatice asemănătoare suprafeței studiate. În fig. 3.9.a se indică zonele de influență a stațiilor meteorologice de pe teritoriile irigabile ale țării. În cazul când în zona studiată sunt mai multe stații meteorologice, calculele se vor face separat pentru fiecare stație.

Formula generală de calcul a ETP după Thornthwaite este:

$$ETP = 1,6 \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a \cdot K \quad (3.203)$$

în care:

ETP - evapotranspirația potențială, în (m^3/ha);

t - temperatura medie (în $^{\circ}C$);

a - coeficient empiric determinat prin relația:

$$a = 0,000.000.675 \cdot I^3 - 0,0000771 \cdot I^2 + 0,01792 \cdot I + 0,49239$$

K - coeficientul de luminozitate, corespunzător așezării geografice (latitudinii) a zonei studiate, stabilit în funcție de numărul mediu de ore-lumină al zilelor din fiecare lună, valorile respective fiind redată în tabelul nr. 3.7

I - indicele termic al zonei în care este situat terenul care urmează a fi amenajat, calculat după relația:

$$I = \sum_{n=1}^{n=12} \left(\frac{t_n}{5} \right)^{1,514} = \sum_{n=1}^{n=12} i \quad (3.204)$$

în care:

t_n - temperatura multianuală (normală) a fiecărei luni din an, în $^{\circ}C$

i - indicele termic lunar

$$i = \frac{t_n^{1,514}}{5} \quad (3.205)$$

Prin însumarea indicilor termici lunari (i) ai celor 12 luni se obține indicele termic I al zonei (stației meteorologice) respective.

$ETRO$ se determină pentru fiecare cultură în parte, iar cu valorile obținute se efectuează calculele de bilanț al apei în sol și se determină necesarul de apă lunar pentru culturile din cadrul sortimentului de plante specifice zonei.

Necesarul de apă de irigație pentru o anumită structură a culturilor se stabilește proporțional, pe baza necesarului pentru fiecare cultură.

În cazul unor studii generale de gospodărire a apelor, calculul necesarului de apă de irigație al culturilor se poate simplifica, adoptându-se un coeficient „ d ” mediu ponderat, ținând seama de proporția fiecărei culturi în cadrul structurii culturilor stabilite, conform relației:

$$d_{mp} = \frac{d_1 \cdot p_1 + d_2 \cdot p_2 + \dots + d_n \cdot p_n}{100} \quad (3.206)$$

în care:

d_{mp} - coeficientul de corecție mediu ponderat al ETP calculate;

$p_1, p_2 \dots p_n$ - procentaje deținute de diferite plante
în structura culturilor
($p_1 + p_2 + \dots + p_n = 100$)

$d_1, d_2 \dots d_n$ - coeficienții de corecție „ d ” ai cultu-
rilor respective (tabelul nr. 3.8)

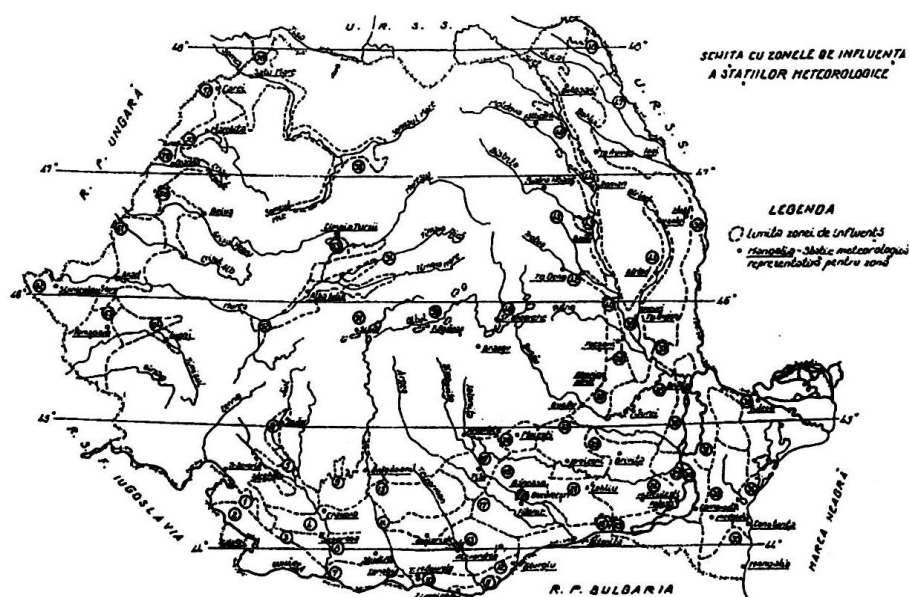


Fig. 3.9.a. Schița cu zonele de influență a stațiilor meteorologice

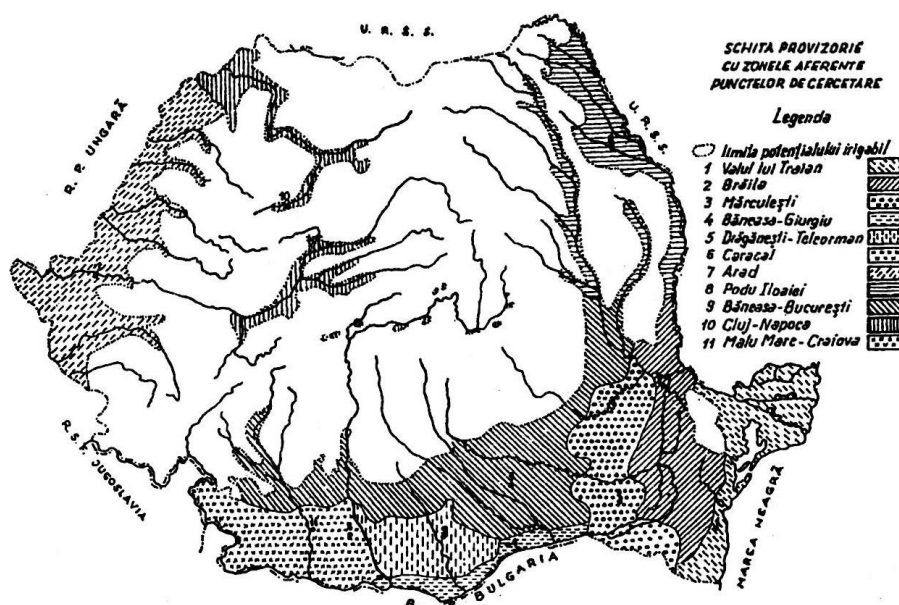


Fig. 3.9.b. Schița provizorie cu zonele aferente punctelor de cercetare

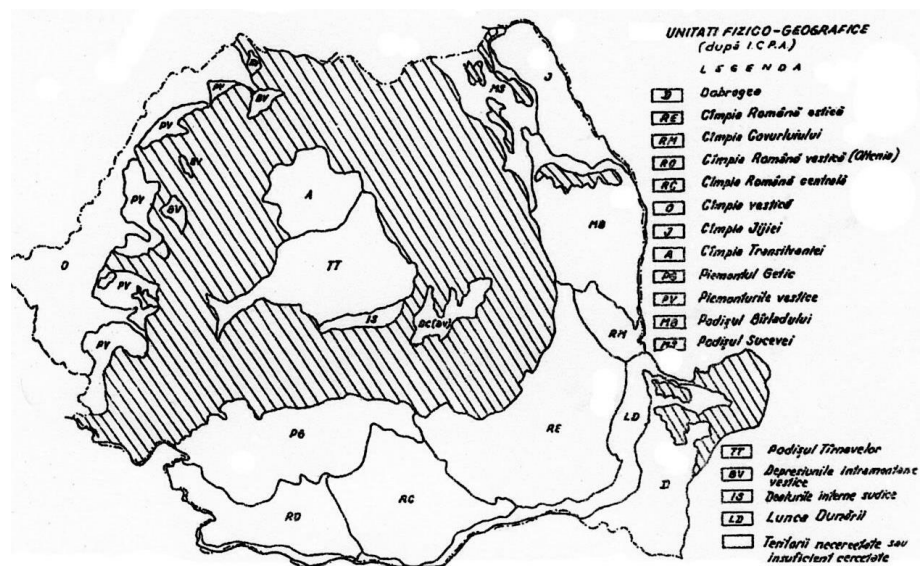


Fig. 3.9.c. Schița unităților fizico-geografice

Tabelul nr. 3.7. Coeficienții de corecție a evapotranspirației potențiale în funcție de latitudine (corecție datorită lungimii zilei și numărului efectiv de zile pe lună)

Lunile	Latitudine nordică									
	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	
I	0,82	0,81	0,81	0,80	0,79	0,77	0,76	0,75	0,74	
II	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81	0,80	0,80	0,79	0,78	
III	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	
IV	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,14	1,14	1,14	1,15	

V	1,26	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33
VI	1,27	1,28	1,29	1,29	1,31	1,32	1,33	1,34	1,36
VII	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,37
VIII	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22	1,22	1,23	1,24	1,25
IX	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06
X	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92
XI	0,82	0,81	0,80	0,79	0,79	0,78	0,77	0,76	0,76
XII	0,79	0,77	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70

Tabelul nr. 3.8. Coeficienții de corecție (d) a evapotranspirației potențiale calculați după zonele de influență a punctelor de cercetare și pe culturi

Cultura	Punctul de cercetare	Nr. cores-punzător din fig. 3.9.b	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Porumb	Valul lui Traian	1	0,90	0,85	0,60	0,81	0,75	0,85	1,33	1,26	0,77	0,70	0,85	0,90
	Brăila	2	0,90	0,85	0,60	0,94	0,61	0,98	1,29	1,28	0,81	0,70	0,85	0,90
	Mărculești	3	0,90	0,85	0,60	0,84	0,73	1,00	1,39	1,32	1,04	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-Giurgiu	4	0,90	0,85	0,60	1,42	1,02	1,02	1,36	1,23	1,05	0,70	0,85	0,90
	Drăgănești-Teleorman	5	0,90	0,85	0,60	1,19	0,90	1,06	1,27	1,17	1,01	0,70	0,85	0,90
	Caracal	6	0,90	0,85	0,60	1,06	0,87	0,89	1,23	1,00	0,86	0,70	0,85	0,90
	Arad	7	0,90	0,85	0,60	1,06	0,93	1,13	1,33	1,27	0,88	0,70	0,85	0,90
	Podu Iloaiei	8	0,90	0,85	0,60	0,88	0,83	0,98	1,24	1,09	0,83	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-București	9	0,90	0,85	0,60	1,06	0,80	0,90	1,13	0,98	0,77	0,70	0,85	0,90
	Cluj-Napoca	10	0,90	0,85	0,60	1,07	0,98	0,86	0,97	0,85	0,88	0,70	0,85	0,90
	Malu Mare-Craiova	11	0,90	0,85	0,60	0,89	0,74	0,90	1,06	0,89	0,65	0,70	0,85	0,90
Lucernă	Valul lui Traian	1	1	1	1	1,60	1,11	1,01	1,07	1,15	0,97	1	1	1
	Brăila	2	1	1	1	1,53	1,32	1,33	1,27	1,30	1,19	1	1	1
	Mărculești	3	1	1	1	1,67	1,31	1,08	1,27	1,27	1,31	1	1	1
	Băneasa-Giurgiu	4	1	1	1	1,83	1,22	1,13	1,38	1,43	1,23	1	1	1
	Drăgănești-Teleorman	5	1	1	1	1,48	1,13	1,05	1,10	1,14	1,13	1	1	1
	Caracal	6	1	1	1	1,61	1,17	0,91	1,10	1,11	1,10	1	1	1
	Arad	7	1	1	1	1,73	1,14	1,21	1,29	1,15	1,08	1	1	1

	Podu Iloaiei	8	1	1	1	1,81	1,27	1,10	1,19	0,97	0,87	1	1	1
	Băneasa-București	9	1	1	1	1,29	1,00	1,12	1,09	1,07	1,33	1	1	1
	Cluj-Napoca	10	1	1	1	1,29	0,80	1,02	1,07	0,65	0,79	1	1	1
	Malu Mare-Craiova	11	1	1	1	1,33	0,89	1,03	0,98	0,82	0,78	1	1	1
Sfeclă de zahăr	Valul lui Traian	1	0,90	0,85	0,60	1,07	0,83	1,33	1,30	1,21	1,07	0,70	0,85	0,90
	Brăila	2	0,90	0,85	0,60	0,88	0,74	1,10	1,27	1,20	1,12	0,70	0,85	0,90
	Mărculești	3	0,90	0,85	0,60	0,88	0,83	1,20	1,32	1,25	1,12	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-Giurgiu	4	0,90	0,85	0,60	1,34	1,01	1,19	1,30	1,44	0,90	0,70	0,85	0,90
	Drăgănești-TL	5	0,90	0,85	0,60	1,09	1,14	1,04	1,26	1,12	1,22	0,70	0,85	0,90
	Caracal	6	0,90	0,85	0,60	1,00	0,93	1,11	1,15	1,05	1,04	0,70	0,85	0,90
	Arad	7	0,90	0,85	0,60	1,38	1,07	1,15	1,33	1,08	0,96	0,70	0,85	0,90
	Podu Iloaiei	8	0,90	0,85	0,60	1,12	0,83	1,13	1,21	1,09	1,26	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-București	9	0,90	0,85	0,60	1,12	0,87	1,02	1,29	1,12	1,08	0,70	0,85	0,90
	Cluj-Napoca	10	0,90	0,85	0,60	1,09	0,90	0,89	1,07	0,85	0,76	0,70	0,85	0,90
	Malu Mare-Craiova	11	0,90	0,85	0,60	-	-	-	-	-	-	0,70	0,85	0,90
Cartofi	Valul lui Traian	1	0,90	0,85	0,60	1,07	1,00	1,35	1,26	0,76	0,65	0,70	0,85	0,90
	Brăila	2	0,90	0,85	0,60	1,06	0,64	1,17	1,02	0,83	0,65	0,70	0,85	0,90
	Mărculești	3	0,90	0,85	0,60	0,75	0,80	1,23	1,03	0,82	0,65	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-Giurgiu	4	0,90	0,85	0,60	1,42	0,98	1,16	1,33	1,06	0,65	0,70	0,85	0,90
	Drăgănești-Teleorman	5	0,90	0,85	0,60	1,12	1,07	1,15	0,90	0,77	0,65	0,70	0,85	0,90
	Caracal	6	0,90	0,85	0,60	1,06	0,94	0,98	0,90	0,58	0,65	0,70	0,85	0,90
	Arad	7	0,90	0,85	0,60	1,41	0,94	1,03	1,17	0,84	0,65	0,70	0,85	0,90
	Podu Iloaiei	8	0,90	0,85	0,60	1,12	0,87	1,20	1,09	0,86	0,74	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-București	9	0,90	0,85	0,60	1,00	0,90	0,98	1,11	0,95	0,65	0,70	0,85	0,90
	Cluj-Napoca	10	0,90	0,85	0,60	1,09	0,87	1,02	1,12	0,91	0,85	0,70	0,85	0,90
	Malu Mare-Craiova	11	0,90	0,85	0,60	0,88	1,10	0,95	0,73	0,60	0,65	0,70	0,85	0,90
Grâu de toamnă	Valul lui Traian	1	1	1	3,20	1,88	1,85	1,05	-	-	-	1	1	1
	Brăila	2	1	1	2,40	1,44	1,45	1,08	-	-	-	1	1	1
	Mărculești	3	1	1	3,20	1,75	1,47	0,95	-	-	-	1	1	1
	Băneasa-Giurgiu	4	1	1	3,10	2,58	1,48	1,09	-	-	-	1	1	1
	Drăgănești-Teleorman	5	1	1	2,90	1,80	1,32	0,90	-	-	-	1	1	1
	Caracal	6	1	1	2,71	1,61	1,37	0,84	-	-	-	1	1	1
	Arad	7	1	1	2,25	1,58	1,49	0,97	-	-	-	1	1	1
	Podu Iloaiei	8	1	1	2,40	1,81	1,73	1,18	-	-	-	1	1	1
	Băneasa-București	9	1	1	2,19	1,29	1,06	0,90	-	-	-	1	1	1
	Malu Mare-Craiova	11	1	1	2,67	1,47	1,23	0,85	-	-	-	1	1	1
Porumb siloz cultură dublă	Valul lui Traian	1	-	-	-	-	-	-	0,53	0,87	1,31	-	-	-
	Brăila	2	-	-	-	-	-	-	0,71	0,93	1,15	-	-	-
	Mărculești	3	-	-	-	-	-	-	0,60	1,05	1,28	-	-	-
	Băneasa-Giurgiu	4	-	-	-	-	-	-	0,92	1,20	1,39	-	-	-
	Drăgănești-Teleorman	5	-	-	-	-	-	-	0,74	1,01	1,08	-	-	-
	Caracal	6	-	-	-	-	-	-	0,60	0,97	1,08	-	-	-
	Arad	7	-	-	-	-	-	-	0,80	1,09	1,22	-	-	-
	Podu Iloaiei	8	-	-	-	-	-	-	0,63	0,91	1,13	-	-	-
	Băneasa-București	9	-	-	-	-	-	-	0,75	0,88	1,15	-	-	-
	Cluj-Napoca	10	-	-	-	-	-	-	0,89	0,92	1,16	-	-	-

APA ȘI ENERGIA ÎN AMENAJĂRILE HIDRAULICO-AGRARE DE IRIGAȚII ȘI DESECĂRI-DRENAJE. RAȚIONALIZĂRI, CU EXEMPLE DIN TEHNICA MONDIALĂ ȘI ROMÂNĂ

	Malu Mare-Craiova	11	-	-	-	-	-	-	0,60	0,80	1,19	-	-	-
Soia	Valul lui Traian	1	0,90	0,85	0,60	1,00	0,76	0,85	1,23	1,13	0,85	0,70	0,85	0,90
	Brăila	2	0,90	0,85	0,60	0,94	0,65	0,90	1,20	1,11	1,23	0,70	0,85	0,90
	Mărculești	3	0,90	0,85	0,60	0,93	0,84	1,18	1,37	1,24	1,12	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-Giurgiu	4	0,90	0,85	0,60	1,19	1,15	1,09	1,49	1,23	1,04	0,70	0,85	0,90
	Drăgănești-TL	5	0,90	0,85	0,60	1,24	0,80	1,10	1,26	1,18	0,99	0,70	0,85	0,90
	Caracal	6	0,90	0,85	0,60	1,00	0,83	0,93	1,28	0,82	0,93	0,70	0,85	0,90
	Arad	7	0,90	0,85	0,60	1,00	1,17	1,17	1,33	1,03	0,63	0,70	0,85	0,90
	Podu Iloaiei	8	0,90	0,85	0,60	0,71	0,77	0,98	1,24	1,09	0,83	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-București	9	0,90	0,85	0,60	0,80	0,83	0,88	1,20	0,95	1,08	0,70	0,85	0,90
	Malu Mare-Craiova	11	0,90	0,85	0,60	1,06	0,69	0,98	0,98	0,79	0,77	0,70	0,85	0,90
Floarea-soarelui	Valul lui Traian	1	0,90	0,85	0,60	1,13	0,83	1,35	1,44	0,77	0,65	0,70	0,85	0,90
	Brăila	2	0,90	0,85	0,60	0,82	0,84	1,19	1,29	0,80	0,65	0,70	0,85	0,90
	Mărculești	3	0,90	0,85	0,60	0,94	0,80	1,49	1,50	0,74	0,65	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-Giurgiu	4	0,90	0,85	0,60	1,51	1,11	1,24	1,25	1,43	0,65	0,70	0,85	0,90
	Drăgănești Teleorman	5	0,90	0,85	0,60	1,12	1,14	1,22	1,26	0,87	0,65	0,70	0,85	0,90
	Arad	7	0,90	0,85	0,60	1,28	1,07	1,28	1,51	0,92	0,65	0,70	0,85	0,90
	Podu Iloaiei	8	0,90	0,85	0,60	1,18	0,90	1,10	1,32	1,09	0,65	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-București	9	0,90	0,85	0,60	0,94	0,77	1,15	1,17	0,83	0,65	0,70	0,85	0,90
	Malu Mare-Craiova	11	0,90	0,85	0,60	1,00	0,90	1,07	1,04	0,71	0,65	0,70	0,85	0,90
	Caracal	6	0,90	0,85	0,60	0,94	1,17	1,27	1,23	0,65	0,65	0,70	0,85	0,90
	Arad	7	0,90	0,85	0,60	1,28	1,07	1,28	1,51	0,92	0,65	0,70	0,85	0,90
	Podu Iloaiei	8	0,90	0,85	0,60	1,18	0,90	1,10	1,32	1,09	0,65	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-București	9	0,90	0,85	0,60	0,94	0,77	1,15	1,17	0,83	0,65	0,70	0,85	0,90
	Malu Mare-Craiova	11	0,90	0,85	0,60	1,00	0,90	1,07	1,04	0,71	0,65	0,70	0,85	0,90
Fasole	Valul lui Traian	1	0,90	0,85	0,60	1,00	0,69	0,98	1,02	0,80	0,65	0,70	0,85	0,90
	Brăila	2	0,90	0,85	0,60	0,83	0,55	0,90	1,20	0,88	0,65	0,70	0,85	0,90
	Mărculești	3	0,90	0,85	0,60	0,70	0,79	1,10	1,25	0,82	0,65	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-Giurgiu	4	0,90	0,85	0,60	1,00	0,92	1,05	1,22	0,75	0,65	0,70	0,85	0,90
	Drăgănești-Teleorman	5	0,90	0,85	0,60	0,99	0,93	1,04	0,97	0,60	0,65	0,70	0,85	0,90
	Caracal	6	0,90	0,85	0,60	0,88	0,62	1,10	1,11	0,70	0,65	0,70	0,85	0,90
	Arad	7	0,90	0,85	0,60	0,70	1,03	1,10	1,05	0,70	0,65	0,70	0,85	0,90
	Podu Iloaiei	8	0,90	0,85	0,60	0,71	0,83	1,00	1,10	0,84	0,65	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-București	9	0,90	0,85	0,60	0,70	0,77	1,03	1,00	0,85	0,65	0,70	0,85	0,90
	Malu Mare-Craiova	11	0,90	0,85	0,60	0,80	0,87	1,02	0,76	0,60	0,65	0,70	0,85	0,90
Arahis	Malu Mare-Craiova	11	0,90	0,85	0,60	0,90	0,85	0,60	0,90	0,85	0,60	0,90	0,85	0,90
Dovlecei de furaj	Cluj-Napoca	10	0,90	0,85	0,60	0,60	1,16	1,03	1,02	1,07	0,98	0,70	0,85	0,90
Cartofi timpurii	Mărculești	3	0,90	0,85	0,60	0,47	0,92	1,28	0,78	0,60	0,65	0,70	0,85	0,90
	Malu Mare-Craiova	11	0,90	0,85	0,60	0,63	1,16	0,92	0,55	0,60	0,65	0,70	0,85	0,90
Legume	Țigănești-Băneasa	9	0,90	0,85	0,60	1,18	1,30	1,35	1,10	0,73	0,60	0,70	0,85	0,90
	București	9	0,90	0,85	0,60	0,56	1,25	1,19	1,15	0,69	0,60	0,70	0,85	0,90
	Arad	7	0,90	0,85	0,60	1,07	1,28	1,27	1,09	0,70	0,60	0,70	0,85	0,90
Viță de vie	Murfatlar	1	0,90	0,85	0,60	1,01	0,56	0,49	0,71	0,68	0,65	0,70	0,85	0,90
	Greaca	4	0,90	0,85	0,60	0,88	0,62	0,58	0,77	0,73	0,65	0,70	0,85	0,90
	Băneasa-București	9	0,90	0,85	0,60	0,71	0,56	0,55	0,80	0,77	0,65	0,70	0,85	0,90
	Dăbuleni	11	0,90	0,85	0,60	0,90	0,84	0,86	0,91	0,77	0,65	0,70	0,85	0,90

Pomi*	Băneasa-București	9	1	1	1	0,55	0,60	0,55	0,60	0,56	0,47	1	1	1
	Dăbuleni	11	1	1	1	0,90	0,92	0,88	0,85	0,80	0,65	1	1	1

*) Datele se referă la plantații tinere; pentru plantațiile vechi se vor lua datele de la vița de vie

Evapotranspirația reală optimă (*ETRO*) se obține prin înmulțirea valorii calculate a *ETP*, cu coeficientul de corecție *d* dat în tabelul nr. 3.8 corelat cu fig. 3.9 b.

Aportul de apă din precipitații (*P*) dintr-o anumită lună se consideră egal cu totalul precipitațiilor căzute în luna respectivă (inclusiv cele sub 5 mm).

În calculul aportului precipitațiilor nu se ține cont de pierderile de apă prin scurgere la suprafața solului, iar infiltrația în adâncime se ia în considerare numai în cazul când solul este aprovizionat la capacitatea de câmp pe adâncimea de calcul, admitându-se ca pierderi numai cantitățile de apă ce depășesc capacitatea de câmp, după scăderea *ETRO*.

Rezerva de apă din sol accesibilă plantelor în perioada de vegetație se găsește pe un strat de sol (*h*) limitat în funcție de adâncimea de dezvoltare a masei principale a rădăcinilor sau de condițiile speciale de sol care se iau în considerare conform tabelelor nr. 3.6.a și

3.6.b; în afara perioadei de vegetație, se ia în considerare stratul de înmagazinare (*H*) din care apa poate fi utilizată de către plantă.

În cadrul ipotezelor admise, referitoare la conținutul de apă al solului, rezervele de apă din sol oscilează între următoarele limite:

$$a) R_{\max(H)} = 100 \cdot 1,5 \cdot CC_{(H)} \cdot DA_{(H)}$$

$$b) R_{\min(H)} = 100 \cdot 1,5 \cdot CO_{(H)} \cdot DA_{(H)}$$

$$c) R_{\max(h)} = 100 \cdot h \cdot CC_{(h)} \cdot DA_{(h)}$$

$$d) R_{\min(h)} = 100 \cdot h \cdot P_{\min} \cdot DA_{(h)}$$

Valorile umidităților *CC*, *CO* și *P_{min}* sunt date în % din greutatea solului uscat, iar *DA* în t/m³.

În tabelul nr. 3.9 se dau valorile orientative ale indicilor hidrofizici pentru principalele soluri din țara noastră (fig. 3.9.c).

Plafonul minim (*P_{min}*) din relația (3.210) se calculează în funcție de cultură și de sol, conform tabelului nr. 3.10.

Tabelul nr. 3.9. Valorile orientative ale indicilor hidrofizici pentru principalele grupe de soluri din teritoriul irigabil din România (după datele ICPA)

Grupa de sol	Unitatea fizico-geografică	Textura	Adâncimea (m)	Densitatea aparentă (t/m ³) (DA)	Coeficientul de ofilire (CO)		Capacitatea de câmp pentru apă (CC)		Capacitatea utilă (intervalul activ) (I.U.A.)	
					% gr	m ³ /ha	% gr	m ³ /ha	% gr	m ³ /ha
Soluri bălane	D	LN-L	0,5	1,31	7,6	498	24,4	1598	16,8	1100
			1,0	1,28	7,4	947	23,9	3059	16,5	2112
			1,5	1,29	6,9	1335	23,2	4489	16,3	3154
Cernoziomuri (carbonatice)	RE	LN-L	0,5	1,15	9,8	564	25,9	1489	16,1	925
			1,0	1,22	9,2	1122	24,5	2989	15,3	1867
			1,5	1,25	8,5	1594	23,9	4481	15,4	2888
	RM	LN-L	0,5	1,32	10,7	706	25,3	1670	14,6	964
			1,0	1,36	9,6	1306	24,0	3264	14,4	1958
			1,5	1,37	8,9	1829	23,1	4747	14,2	2938
	LD	LN-L	0,5	1,24	8,0	496	25,2	1562	17,2	1066
			1,0	1,26	7,3	920	24,4	3074	17,1	2154
			1,5	1,29	6,7	1296	23,6	4567	16,9	3271
	D	LN-L	0,5	1,25	9,8	613	25,5	1594	15,7	981
			1,0	1,24	9,3	1153	24,5	3038	15,2	1885
			1,5	1,25	8,8	1650	23,3	4369	14,5	2719
Cernoziomuri necarbonatice (inclusiv cernoziomuri freatic umede)	RE	LN-L	0,5	1,28	10,1	646	24,7	1581	14,6	35
			1,0	1,30	9,6	1248	24,1	3133	14,5	1885
			1,5	1,31	9,3	1827	23,5	4618	14,2	2790
	RE	LA	0,5	1,29	11,8	761	24,1	1554	12,3	793
			1,0	1,26	11,7	1474	23,9	3011	12,2	1537
			1,5	1,27	11,1	2115	23,2	4420	12,1	2305

	MB	LN-L	0,5	1,21	10,0	605	23,9	1446	13,9	841
			1,0	1,24	9,1	1128	23,4	2902	14,3	1773
			1,5	1,26	9,3	1758	22,8	4309	13,5	2551
	O	LN-L	0,5	1,37	10,9	747	22,7	1555	11,8	808
			1,0	1,38	9,4	1297	21,9	3022	12,5	1725
			1,5	1,39	7,9	1647	21,1	4399	13,2	2752
	O	LA	0,5	1,19	12,5	744	26,1	1553	13,6	809
			1,0	1,24	12,4	1538	25,1	3112	12,7	1574
			1,5	1,30	11,5	2243	24,7	4817	13,2	2574
	RO	N	0,5	1,46	1,4	102	8,9	650	7,5	548
			1,0	1,49	1,4	209	8,8	1311	7,4	1102
			1,5	1,48	1,5	333	9,0	1998	7,5	1665
	RO	NL	0,5	1,46	2,4	175	12,5	913	10,1	738
			1,0	1,47	2,7	397	12,3	1808	9,6	1411
			1,5	1,47	2,6	573	11,6	2558	9,0	1985
Cernoziomuri necarbonatice (inclusiv cernoziomuri freatic umede)	RO	LN-L	0,5	1,50	7,8	585	18,4	1380	10,6	795
			1,0	1,49	7,8	1162	17,8	2652	10,0	1490
			1,5	1,49	7,6	1699	17,5	3911	9,9	2212
	RO	LN-L	0,5	1,34	11,7	784	23,8	1595	12,1	811
			1,0	1,38	11,7	1615	22,9	3160	11,2	1546
			1,5	1,38	11,4	2360	22,4	4637	11,0	2277
	RC	LA	0,5	1,32	13,4	884	25,7	1696	12,3	812
			1,0	1,33	13,5	1796	24,7	3285	11,2	1489
			1,5	1,33	12,6	2514	24,2	4828	11,6	2314
Cernoziomuri cambice (inclusiv cernoziomuri cambice freatic umede) și soluri cernoziomoide	RE	LN	0,5	1,37	9,3	637	22,6	1548	13,3	911
			1,0	1,38	9,2	1270	22,2	3064	13,0	1794
			1,5	1,39	8,8	1835	21,9	4566	13,1	2731
	RE	LA	0,5	1,36	12,1	823	25,9	1761	13,8	938
			1,0	1,42	12,4	1761	24,6	3493	12,2	1732
			1,5	1,44	11,7	2527	23,9	5162	12,2	2635
	RM	LN-L	0,5	1,33	8,8	58	22,1	1570	13,3	885
			1,0	1,34	8,7	1166	21,7	2908	13,0	1742
			1,5	1,36	8,3	1693	21,2	4325	12,9	2632
	MS	LA	0,5	1,24	10,9	676	26,7	1655	15,8	979
			1,0	1,32	12,3	1624	25,9	3419	13,6	1795
			1,5	1,37	12,7	2610	25,6	5261	12,9	2651
	MB	LN-L	0,5	1,30	9,9	644	22,6	1469	12,7	825
			1,0	1,33	10,0	1330	22,0	2926	12,0	1596
			1,5	1,35	9,4	1904	21,4	4334	12,0	2430
Cernoziomuri cambice (inclusiv cernoziomuri cambice freatic umede) și soluri cernoziomoide	MB	LA	0,5	1,34	13,0	871	24,9	1668	11,0	797
			1,0	1,41	12,5	1763	23,7	3342	11,2	1794
			1,5	1,44	12,3	2657	23,1	4990	10,8	2333
	O	ML	0,5	1,24	12,9	800	26,8	1662	13,9	862
			1,0	1,31	12,7	1664	25,6	3354	12,9	1690
			1,5	1,34	12,2	2452	25,0	5024	12,8	2573
	O	LN-L	0,5	1,42	10,2	724	23,4	1661	13,2	937
			1,0	1,44	9,7	1397	22,7	3269	13,0	1872
			1,5	1,46	9,1	1993	22,3	4884	13,2	2891

	O	LA	0,5	1,41	12,3	867	24,3	1713	12,0	846
			1,0	1,46	12,7	1854	23,8	3475	11,1	1621
			1,5	1,47	12,4	2734	23,7	5226	11,3	2492
	A	A	0,5	1,20	21,5	1290	32,2	1932	10,7	642
			1,0	1,30	21,6	2808	30,4	3952	8,8	1144
			1,5	1,35	20,6	4172	28,1	5690	7,5	1518
Cernoziomuri argiloiluviale	RO	LA	0,5	1,45	12,2	885	23,3	1689	11,1	804
			1,0	1,45	12,9	1871	22,3	3234	9,4	1363
			1,5	1,45	12,6	2741	21,4	4655	8,8	1914
	RC	LA	0,5	1,38	13,2	911	24,6	1697	11,4	786
			1,0	1,42	14,7	2087	23,9	3394	9,2	1307
			1,5	1,45	14,7	3197	23,2	5046	8,5	1849
	RC	A	0,5	1,36	13,3	904	28,9	1935	15,6	1061
			1,0	1,40	14,3	2002	26,6	3724	12,3	1722
			1,5	1,42	14,3	3046	25,3	5389	11,0	2343
Cernoziomuri argiloiluviale	RE	LA	0,5	1,33	12,5	831	24,0	1596	11,5	765
			1,0	1,39	12,8	1779	22,5	3128	9,7	1348
			1,5	1,42	12,2	2599	21,9	4665	9,7	2066
	MB	LN-L	0,5	1,36	7,8	530	22,5	1530	14,7	1000
			1,0	1,46	8,5	1241	21,3	3110	12,8	1869
			1,5	1,48	8,5	1887	20,7	4595	12,2	2708
	O	LN-L	0,5	1,29	8,8	568	23,5	1516	14,7	948
			1,0	1,32	8,8	1162	22,7	2996	13,9	1834
			1,5	1,31	8,7	1710	22,5	4421	13,8	2711
	A	A	0,5	1,32	16,4	1082	30,5	2013	14,1	931
			1,0	1,40	19,0	2660	28,8	4032	9,8	1372
			1,5	1,44	19,4	4190	27,3	5897	7,9	1707
Soluri brun roșcate	RO	N	0,5	1,43	1,0	72	6,5	465	5,5	393
			1,0	1,44	1,0	144	6,7	965	5,7	821
			1,5	1,44	1,1	238	7,6	1642	6,5	1404
	RO	NL	0,5	1,48	1,3	96	10,3	762	9,0	666
			1,0	1,51	1,7	257	10,7	1616	9,0	1359
			1,5	1,52	1,8	410	10,8	2462	9,0	2052
	RO	LA	0,5	1,41	11,9	839	25,8	1819	13,9	980
			1,0	1,44	13,3	1915	24,2	3485	10,9	1570
Soluri brun roșcate	RO	LA	1,5	1,47	13,7	3021	23,9	5270	10,2	2249
	RC	LA	0,5	1,37	13,7	938	25,3	1733	11,6	795
			1,0	1,42	15,3	2173	24,1	3422	8,8	1249
			1,5	1,43	15,2	3260	23,1	4955	7,9	1695
Soluri brune, luvice, luvi-soluri albice, plansoluri și soluri pseudogleice	O	LN-L	0,5	1,35	6,6	446	22,8	1539	16,2	1049
			1,0	1,44	8,6	1238	22,2	3197	13,6	1959
			1,5	1,47	8,9	1962	21,5	4741	12,6	2779
	BV	LN-L	0,5	1,32	6,8	449	26,2	1729	19,4	1280
			1,0	1,42	8,4	1193	23,2	3294	14,8	2101
			1,5	1,46	10,0	2190	22,5	4928	12,5	2738
	TT	LA	0,5	1,39	10,2	709	27,1	1883	16,9	1174
			1,0	1,44	12,8	1843	26,7	3845	13,9	2002
			1,5	1,46	13,4	2935	26,0	5694	12,6	2759

	IS	LN-L	0,5	1,31	6,0	393	27,2	1782	21,2	1389
			1,0	1,42	7,2	1022	24,7	3507	17,5	2485
			1,5	1,41	7,8	1650	22,8	4822	15,0	3172
	IS	LA	0,5	1,31	8,4	550	27,8	1821	19,4	1271
			1,0	1,38	11,7	1587	27,0	3726	15,5	2139
			1,5	1,41	12,8	2707	25,9	5478	13,1	2771
Lăcoviște și soluri gleice	O	LA	0,5	1,35	14,8	999	26,5	1789	11,7	790
			1,0	1,42	14,8	2102	25,0	3550	10,2	1448
			1,5	1,45	15,0	3263	23,7	5155	8,7	1892
	O	A	0,5	1,35	18,6	1256	30,8	2079	12,2	823
			1,0	1,39	19,0	2641	29,8	4142	10,8	1501
			1,5	1,42	17,8	3791	28,7	6113	10,9	2322
Solonețuri	O	A	0,5	1,49	12,6	939	23,1	1721	10,5	782
			1,0	1,51	13,7	2069	22,6	3413	8,9	1344
			1,5	1,51	14,0	3171	23,0	5210	9,0	2039
Psamsoluri și alte soluri nisipoase	RO	N	0,5	1,41	1,2	85	7,3	515	6,1	430
			1,0	1,42	1,2	170	7,3	1037	6,1	867
			1,5	1,41	1,2	254	7,4	1565	6,2	1311
	RO	NL	0,5	1,42	1,6	114	9,1	646	7,5	532
			1,0	1,43	1,5	215	9,2	1316	7,7	1101
			1,5	1,44	1,6	346	9,3	2009	7,7	1663
	RM	NL	0,5	1,35	1,8	122	9,2	621	7,4	499
			1,0	1,37	1,8	247	9,5	1302	7,7	1055
			1,5	1,41	2,3	486	9,8	2073	7,5	1587
	O	N	0,5	1,42	0,8	57	8,9	632	8,1	575
			1,0	1,43	0,8	114	9,5	1359	8,7	1244
			1,5	1,45	1,0	218	10,7	2327	9,7	2109
	O	NL	0,5	1,42	1,6	114	10,5	746	8,9	632
			1,0	1,43	1,6	229	12,2	1745	10,6	1526
			1,5	1,45	2,1	457	13,0	2828	10,9	2371
Aluviuni	RE	L-NL	0,5	1,28	9,0	576	23,9	1530	14,9	954
			1,0	1,30	8,7	1131	23,5	3055	14,8	1924
			1,5	1,30	8,8	1716	23,6	4602	14,8	2886
	RE	LA	0,5	1,36	11,4	775	27,3	1856	15,9	1081
			1,0	1,38	12,4	1711	26,4	3643	14,0	1932
			1,5	1,38	12,3	2546	26,2	5423	13,9	2877
	RE	A	0,5	1,37	16,9	1158	30,5	2089	13,6	932
			1,0	1,39	18,0	2502	30,5	4240	12,5	1738
			1,5	1,39	17,6	3670	30,5	6359	12,9	2689
Soluri aluviale	LD	LN-L	0,5	1,34	7,6	509	25,4	1702	17,8	1193
			1,0	1,34	7,3	978	24,6	3296	17,3	2318
			1,5	1,35	7,7	1559	24,7	5002	17,0	3443
	LD	LA	0,5	1,30	16,5	1075	32,3	2100	15,8	1027
			1,0	1,40	14,7	2058	29,4	4116	14,7	2060
			1,5	1,40	12,2	2562	28,2	5922	16,0	3360
	LD	A	0,5	1,28	17,8	1139	34,9	2234	17,1	1095
			1,0	1,29	17,4	2245	34,0	4386	16,6	2141

			1,5	1,29	16,7	3231	33,7	6521	17,0	3290
	MB	LN-L	0,5	1,28	6,5	416	23,7	1517	17,2	1101
Soluri aluviale	MB	LN-L	1,0	1,31	7,5	983	24,1	3157	16,6	2174
			1,5	1,33	8,5	1696	24,2	4828	15,7	3132

NOTĂ:

I. Semnificația simbolurilor folosite pentru unitățile fizico-geografice (col. 2):

D – Dobrogea

PV – Piemonturile vestice

TT – Podișul Târnavelor

RE – Câmpia Română estică

MB – Podișul Bârladului

BV – Depresiunile intramontane vestice

RM – Câmpia Covurluiului

RO – Câmpia Română Occidentală

(Oltenia)

IS – Dealurile interne Sudice (Făgăraș, Sibiu, Orăștie)

J – Câmpia Jijiei

RC – Câmpia Română Centrală

LD – Lunca Dunării

A – Câmpia Transilvaniei

O – Câmpia Vestică

PG – Piemontul Getic

MS – Podișul Sucevei

II. Semnificațiile simbolurilor folosite pentru caracterizarea texturii solului (col. 3):

N - soluri nisipoase, ușoare, cu conținut de argilă (particule sub 0,002 mm) sub 5%

NL - soluri nisipo-lutoase, ușoare, cu conținut de argilă (particule sub 0,002 mm) de 5,1-12%

LN-L - soluri luto-nisipoase și lutoase, mijlocii, cu conținut de argilă de 12,1-32%

LA - soluri luto-argiloase, grele, cu conținut de argilă de 32,1-45%

A - soluri argiloase, grele, cu conținut de argilă de peste 45%

Tabelul nr. 3.10. Valoarea plafonului minim pe culturi și texturi ale solului

Cultura	Textura solului	Plafon minim
Porumb, sfeclă, floarea-soarelui, cartofi, grâu, fasole, soia	Soluri mijlocii	$CO + \frac{CC - CO}{2}$ sau $CO + 0,50 \text{ I.U.A.}$
	Soluri grele	$CO + \frac{2(CC - CO)}{3}$ sau $CO + 0,67 \text{ I.U.A.}$
Lucernă	Soluri mijlocii	$CO + \frac{CC - CO}{3}$ sau $CO + 0,33 \text{ I.U.A.}$
	Soluri grele	$CO + \frac{CC - CO}{2}$ sau $CO + 0,50 \text{ I.U.A.}$
Toate culturile	Soluri ușoare	$CO + \frac{2(CC - CO)}{3}$ sau $CO + 0,67 \text{ I.U.A.}$

Legume	Soluri mijlocii	$CO + \frac{CC - CO}{2}$ sau $0,50 \text{ I.U.A.}$
	Soluri grele	$CO + \frac{2(CC - CO)}{3}$ sau $CO + 0,67 \text{ I.U.A.}$
Viță de vie și pomi	Soluri mijlocii și grele	$CO + \frac{CC - CO}{2}$ sau $CO + 0,50 \text{ I.U.A.}$

Aportul de apă din pânza freatică (A_f) se ia în considerare folosind datele indicate în tabelul nr. 3.11, care cuprinde valorile aproximative ale alimentării freatică în (m^3/ha) pe perioada de vegetație, pentru diferitele adâncimi ale nivelului freatic, pentru principalele categorii texturale de sol și pentru două situații de ariditate.

În situația în care adâncimea nivelului freatic este constantă, repartizarea pe luni în cursul perioadei de vegetație a aportului total se va face conform repartizării procentuale din tabelul nr. 3.11.

În cazul când adâncimea nivelului freatic variază în decursul lunilor din perioada de vegetație, aportul

Tabelul nr. 3.11. Aport în intervalul 15 aprilie – 15 septembrie pentru culturi cu înrădăcinare profundă (m^3/ha)

Nr. crt.	Grupa text. de sol	Adâncimea apei freatice (m) și caracterul anului													
		1-1,5		1,5-2		2-2,5		2,5-3		3-3,5		3,5-4		4-4,5	
		arid	umed	arid	umed	arid	umed	arid	umed	arid	umed	arid	umed	arid	umed
1	nisipos	2500	1500	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	nisipo-lutos	5200	3350	3000	1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	luto-nisipos	4350	2800	3300	2000	2150	1000	1000	600	600	-	-	-	-	-
4	lutos	3300	2400	3000	2250	2750	2000	2500	1800	2100	1500	1600	1050	1000	-
5	luto-argilos	2700	2000	2500	1800	2100	1500	1850	1100	1000	700	-	-	-	-
6	argilos	2000	1000	1200	600	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelul nr. 3.11. (continuare) Repartizarea aportului freatic pe grupe de culturi

Grupe de culturi	Culturile în grupă	Per. veget. (zile)	% din total aport	% din total aport pe intervale					
				15-30 IV	V	VI	VII	VIII	1-15IX
I	Porumb tardiv, sfeclă, lucernă, soia tardivă, unele legume, pomi, vița de vie	150	100	5	13	22	28	23	9
II	Porumb timpuriu, floarea-soarelui, cartofi, fasole, soia timpurie, unele legume	120	84	6	17	24	26	11	-
III	Cartofi timpurii, unele legume	90	57	8	18	21	10	-	-
III a	Grâu, orz	90	57	10	22	25	-	-	-
IV	Porumb și soia pentru siloz cultura a II-a și toate culturile succesive	60	42	-	-	-	11	21	10

freatic se va lua diferit în fiecare lună, în funcție de adâncimea apei freatice din luna respectivă.

Bilanțul apei în sol se calculează pentru fiecare an, pe șirul de ani luat în considerare și pentru fiecare lună de vegetație a culturii respective.

NOTĂ:

I. Culturile după adâncimea de înrădăcinare:

a) culturi cu înrădăcinare profundă: lucernă, porumb, sfeclă, soia, floarea-soarelui, cartofi, pomi, vie

b) culturi cu înrădăcinare superficială: grâu, fasole, legume, porumb, siloz, c.d. în luna iulie

La b se reduce aportul freatic cu 30-70% în funcție de adâncimea de dezvoltare a rădăcinilor.

II. Condițiile de ariditate sau umiditate:

- arid: precipitațiile în perioada 15 IV-15 IX însumează 200-300 mm

- umed: precipitațiile în perioada 15 IV-15 IX însumează 300-400 mm

III. În cazul solurilor cu alternanțe de diferite texturi, se ia în calcul stratul cu textura care determină alimentarea cea mai redusă

În calculele de bilanț se admite că:

a) rezerva de apă din sol nu poate depăși valoarea $R_{\max(H)}$ în perioada rece și $R_{\max(h)}$ în perioada de vegetație (în cazul în care perioada rece se depășește $R_{\max(H)}$, cantitatea de apă în plus se consideră pierdută prin infiltrație în adâncime și nu poate fi folosită de cultură);

b) rezerva de apă în sol care trebuie atinsă în perioada de vegetație prin aplicarea unei norme de udare, nu trebuie să depășească $R_{\max(h)}$;

c) în perioada de vegetație rezerva de apă în sol nu trebuie să scadă sub $R_{\min(h)}$;

d) în perioada de iarnă rezerva minimă de apă în sol poate să scadă oricât, fără să se aplice udări, în afară de cazurile când se aplică udări de aprovizionare.

agricolă. Nesocotirea acestei legi fundamentale duce inevitabil la scăderea producției agricole și la degradarea unui sol care înainte de amenajarea de irigații era fertil.

Se înțelege prin *regim de irigație* al unei culturi modul cum i se administrează în timp apa de irigat, pentru a obține recolte asigurate și mari.

Cunoașterea regimului de irigație (al unei culturi în condițiile de sol date) are importanță pentru a permite proiectantului o justă dimensionare a instalațiilor, iar beneficiarului o bună organizare pentru exploatarea lor.

Elementele regimului de irigație sunt:

- bilanțul apei în sol;
- norma de irigație lunară;
- norma de udare, de aprovizionare și de spălare;
- momentul udării, intervalul între udări;
- schema udărilor;
- graficul necoordonat și coordonat al udărilor;
- modulul de udare (debitul specific de udare).

1° Bilanțul apei în sol

Se scrie diferit pentru situațiile:

A) *Bilanțul apei în circuit închis*, când solul arabil este separat de pânza de apă freatică printr-un orizont mort, alimentarea lui cu apă făcându-se natural numai prin precipitații și în mod artificial prin irigații, pentru perioada de vegetație rezultă necesarul de apă de irigație:

$$\sum M_i = \sum ETRO - C \cdot P_i - P_v - a \quad (3.211)$$

B) *Bilanțul apei în circuit deschis*:

$$\sum M_i = \sum ETRO + R_f - R_i - P_v - A_f \quad (3.212)$$

C) *Bilanțul apei în circuit deschis de spălare*

$$D + CC = S + c \cdot P_i + R_f \quad (3.213)$$

cu notațiile:

c – coeficient de înmagazinare a precipitațiilor de iarnă 0,6-0,8

a – norma de udare pentru aprovizionare

3.2.4. REGIMUL DE IRIGAȚIE

Baza științifică a irigațiilor o constituie echivalența tuturor factorilor vitali care asigură producția

$$a = 100 \cdot DA \cdot H (CC - CO) - c \cdot P_i \quad (3.214)$$

sau în general:

$$a = R_i - R_f - c \cdot P_i = CC - R_f - c \cdot P_i$$

Într-o zonă naturală nu sunt necesare udări de aprovizionare dacă

$$c \cdot P_i \geq CC - R_f \text{ (m}^3/\text{ha)}$$

D – norma de evacuare (drenare) a apelor ce se infiltrează în adâncime în vederea spălării solului (m³/ha)

S – cantitatea de apă necesară spălării solului (m³/ha).

2° Norma de irigație

Este cantitatea de apă lunară ce se dă unei culturi M_i (m³/ha).

Deosebim norma netă de irigație M_i , care este cantitatea de apă ce o consumă efectiv planta, și norma brută de irigație M_{ib} care se captează din sursa de apă:

$$M_{ib} = \frac{M_i}{\eta} \quad (3.217)$$

unde

$$\eta = \eta_r \cdot \eta_c \quad (3.218)$$

η_r – randamentul rețelei de canale, conducte de irigație

η_c – randamentul udării în câmp.

Norma netă de irigație lunară M_i se calculează cu formula 3.102, obținându-se un șir de valori pentru 25 ani și fiecare lună din perioada de vegetație. Construindu-se o curbă de asigurare, se ia pentru proiectare asigurarea de 80% (pentru ani secetoși). În exploatare trebuie cunoscută și valoarea normei de irigație cu asigurarea de 50% pentru anii medii, conform prognozei meteorologice.

3° Norma de udare

Este cantitatea de apă m (m³/ha), ce se dă solului cultivat la o singură udare pentru a ridica umiditatea solului de la cea actuală (plafonul minim), la capacitatea de câmp.

$$m = 100 \cdot DA \cdot H (CC - P_{\min}) \text{ (m}^3/\text{ha)} \quad (3.219)$$

în care: DA (t/m³); H (m); CC și P_{\min} în (%).

Exemplu:

Cunoscând $CC = 25\%$, $CO = 15\%$

$$P_{\min} = CO + \frac{CC - CO}{2} = 20\%$$

$$DA = 1,2 \text{ t/m}^3; H = 1,5 \text{ m};$$

$$\text{Rezultă } m = 900 \text{ m}^3/\text{ha} = 900 \text{ mm.}$$

Norma de aprovizionare a este o normă de udare dată pe o adâncime de sol mică, necesară unei răsăririi uniforme a plantelor și completează deficitul de apă până la capacitatea de câmp.

4° Norma de spălare

Este cantitatea de apă S (m³/ha), care împreună cu rezerva finală de apă și cu precipitațiile utile de iarnă, trebuie să asigure colectarea în rețeaua de evacuare a unui anumit volum de apă drenată prin sol – care să asigure spălarea profilului – în raport cu gradul de spălare al sărurilor care se urmărește.

Volumul de apă drenat prin sol și colectat de rețeaua de evacuare constituie norma de evacuare D (m³/ha) care din (3.213) și (3.215) rezultă:

$$S = CC - R_f - C \cdot P_i + D = a + D \quad (3.220)$$

Se definește rata de spălare LR (leaching requirement, după Thorne și Peterson 1954), procentul de apă ce trebuie să treacă prin sol pentru a-l spăla de săruri:

$$LR = \frac{D}{S} \cdot 100 = \frac{EC_{ai}}{EC_{ad}} \cdot 100 \quad (3.221)$$

în care:

EC_{ai} – electroconductanța apei de irigație, în micromho/cm;

EC_{ad} – electroconductanța apei drenate, în micromho/cm.

Din relația (3.220 și 3.221) rezultă:

$$LR(a + D) = 100 \cdot D$$

$$D = a \cdot \frac{LR}{100 - LR} \quad (3.222)$$

Formula de calcul a normei de spălare devine:

$$S = a \left(1 + \frac{LR}{100 - LR} \right) \quad (3.223)$$

sau:

$$S = [CC - R_f - c \cdot P_i] \left(1 + \frac{LR}{100 - LR} \right) \quad (3.224)$$

în care LR (%) și ceilalți în (m³/ha).

Dacă se pornește în calcul de la valori ale lui CC și R_f în (%), pentru a obține norma de spălare în m³/ha, formula devine:

$$S = [100HDA \cdot (CC - R_f) - cP_i] \left[1 + \frac{LR}{100 - LR} \right] \quad (3.225)$$

Exemplu: dacă $LR = 50\%$, adică electroconductanța apei de irigație este jumătate din electroconductanța maximă admisibilă în apa evacuată, norma de spălare este dublul normei de aprovizionare:

$$S = a \left(1 + \frac{50}{100 - 50} \right) = 2 \cdot a$$

La aplicarea udărilor de spălare, un rol important îl are poziția nivelului freatic, de care trebuie ținut seama în calcule.

Astfel, când, nivelul freatic al terenului ce trebuie spălat coincide cu adâncimea normală de drenaj a

sistemului ameliorativ, prin intermediul căruia se face evacuarea normei D , atunci valoarea H din formula (3.225) se ia egală cu distanța de la suprafața solului până la limita superioară a franjului capilar, care este de fapt limita umezirii capilare la capacitatea de câmp.

Se mai poate ivi însă și următoarea situație: pe un teren irigat în curs de spălare, prevăzut cu o rețea de drenaj, este posibil ca toamna nivelul freatic să fie mai jos de adâncimea rețelei de drenaj.

În acest caz se poate ca și limita superioară a franjului să fie coborâtă spre cota adâncimii normale de drenaj mai ales pe solurile nisipoase cu ascensiune capilară redusă.

În asemenea situație formula normei de spălare se modifică în așa fel încât pe stratul de sol cuprins între nivelul freatic și adâncimea de drenaj (H_s) să se satisfacă capacitatea de saturație a solului CS , iar deasupra să se realizeze umezirea în exces față de capacitatea de câmp, cu echivalentul normei de udare, formula devine:

$$S = 100HDA(CS - R_f) + \left[100HDA(CC - R_f) - cP_i \right] + \left(1 + \frac{LR}{100 - LR} \right) \quad (3.226)$$

Valorile DA și R_f se consideră diferit pe straturi, după caz.

5° Interacțiunea irigației-drenaje

Trebuie avută în vedere în calculul normei de irigație anuală M_{ai} , astfel bilanțul apei pe unitatea de suprafață agricolă irigată și drenată pentru perioada I.IV la 31.III anul viitor, pe adâncimea stratului activ (exprimat în m^3/ha , sau mm) este:

$$M_{ai} + P_{ae} + C_a = EPA + D_a \quad (3.227)$$

în care:

M_{ai} - norma anuală de irigație (inclusiv norma de aprovizionare și de spălare necesară)

P_{ae} - precipitații anuale efective

C_a - ridicarea capilară anuală în stratul activ

EPA - evapotranspirația anuală

DA - drenajul anual din stratul activ (inclusiv infiltrațiile de adâncime)

Bilanțul salin corespunzător va fi:

$$M_{ai} \cdot EC_{ai} + P_{ae} \cdot EC_{AP} = D_a \cdot EC_{AD} \quad (3.228)$$

unde:

EC_{AI} - electroconductanța medie anuală a apei de irigație (în $mmho/cm$ sau ppm)

EC_{AP} - conținutul mediu de ioni al precipitației naturale (în $mmho/cm$ sau ppm)

EC_{AD} - conținutul mediu anual de sare din apa drenată (în $mmho/cm$ sau ppm)

Observație: EC_{AD} este mai mică decât a soluției de sol la capacitatea de câmp EC_s cu un coeficient

$0 < f < 1$, numit coeficient de spălare:

$$EC_{AD} = f \cdot EC_s \quad (3.229)$$

Valoarea medie a salinității soluției de sol la capacitatea de câmp EC_s poate fi exprimată în funcție de salinitate inițială a soluției de sol EC_{s1} și variația ei în timpul unui an ΔEC_s sub forma:

$$EC_s = EC_{s1} + 1/2 \Delta EC_s \quad (3.230)$$

Notând cu ΔZ_A , schimbul total al conținutului de sare din stratul activ într-un an la capacitatea de câmp și cu V_p conținutul total al probei de sol pe unitatea de suprafață avem:

$$V_p = \frac{DA \cdot CC}{100} \cdot H \quad (3.231)$$

unde:

H - grosimea stratului activ (m);

DA - densitatea aparentă (t/m^3)

$$\Delta Z_A = \Delta EC_s \cdot V_p \quad (3.232)$$

Bilanțul salin devine:

$$\begin{aligned} EPA - P_{ae} = \\ fM_{ai} \left[EC_{s1} + \frac{1}{2} \Delta EC_s - EC_{AI} \right] - P_{ae} EC_{AP} + \Delta EC_s V_p \\ = \frac{fM_{ai} \left[EC_{s1} + \frac{1}{2} \Delta EC_s - EC_{AI} \right] - P_{ae} EC_{AP} + \Delta EC_s V_p}{EC_{AI} + f \left(EC_{s1} + \frac{1}{2} \Delta EC_s - EC_{AI} \right)} \end{aligned} \quad (3.233)$$

Ecuția (3.233) este un model matematic de calcul al interacțiunii irigației și drenajului ca o expresie de schimbare a salinității solului.

Un interes deosebit îl prezintă proiectarea sistemelor de irigații cu *norme de irigație care să mențină salinitatea solului la nivelul inițial* al construirii sistemului de irigație și drenaj.

Pentru aceasta în ecuația (3.233) a modelului considerăm că $\Delta EC_s = 0$ și obținem:

$$\begin{aligned} M_{ai} = (EPA - P_{ae}) \left[1 + \frac{EC_{AI}}{f(EC_s - EC_{AI})} \right] + \\ + \frac{P_{ae} \cdot EC_{AP}}{f(EC_s - EC_{AI})} \end{aligned} \quad (3.234)$$

Se definește și în acest caz rata de spălare LR astfel:

$$1 + LR = \frac{M_{ai}}{M_i} \quad (3.235)$$

în care:

M_i este norma de irigație anuală acceptată pentru acoperirea consumului de apă preconizat de cultură.

Exemplu:

Cunoscând ca valoare medie pe 25 ani $EPA = 684,6$ mm și $P_{ae} = 639,4$ mm, având un drenaj eficient la care presupunem $f = 0,3$, cultură de lucernă $M_i = 4.500$ m^3/ha și electroconductanțele: $EC_{AP} = 20$ ppm; $EC_{AI} = 80$ ppm; $EC_s = 180$ ppm, rezultă:

$$M_{ai} = (684,6 - 639,4) \left[1 + \frac{80}{0,3(180 - 80)} \right] + \frac{639,4 \cdot 20}{0,3(180 - 80)} = 591 \text{ mm} = 5910 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Rezultă necesară o sporire a normei de irigație anuală cu 32%, conform relației:

$$1 + LR = 5910 / 4500 = 1,32.$$

6° Momentul udării, intervalul între udări, schema udărilor

În momentul în care umiditatea solului pe adâncimea H atinge valoarea plafonului minim de umiditate (P_{\min}) se va aplica o nouă udare. Ținând seama de capacitatea instalațiilor de irigare, udarea va începe cu câteva zile mai devreme, în așa fel ca, ajungându-se la ultima zi a unei culturi, să nu scadă provizia momentană sub valoarea acestui plafon minim.

De asemenea, momentul udării trebuie să fie în strânsă corelație cu nevoile plantei și anume în menținerea umidității la valori mult superioare plafonului minim, așa-numite perioade critice ale culturii, ca de exemplu la porumb aceste faze sunt: când sunt 6-8 frunze, la înspicat – coacere în lapte, la lucernă la lăstărit și după fiecare coasă etc.

Intervalul între udări se stabilește în funcție de ritmul în care se consumă apa din sol, de către diferite culturi agricole, ținând seama de faptul că umiditatea solului pe adâncimea considerată nu trebuie să scadă sub plafonul minim. Consumul de apă al culturilor este redat sub formă de consum mediu zilnic E_{pz} , pe culturi, zone naturale și luni din perioada de vegetație în ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{zi}$) în tabelul nr. 3.5.

Aplicând o udare cu norma de udare m (m^3/ha), ținând seama în exploatarea de precipitații ce au căzut P_0 (mm) după udarea aplicată și ținând seama de consumul zilnic al plantelor E_{pz} , putem programa următoarea udare după un număr de zile calculat cu relația:

$$T_r = \frac{m + 10 \cdot P_0}{E_{pz}} \quad (3.236)$$

Pentru proiectare se va considera $P_0 = 0$, adică fără precipitații, și timpul de revenire cu udări va fi:

$$T_r = \frac{m}{E_{pz}} \quad (3.237)$$

Acest interval între udări T_r (zile) diferă de la lună la lună și pe culturi, obținându-se una până la trei udări pe lună.

Schema udărilor se poate reprezenta grafic luând în abscisă timpul în luni și zile iar în ordonată se trasează conținutul maxim și minim al apei în sol, între aceste două linii se trasează momentul udării cu o ordonată de mărime m și la intervalul T_r .

Rezultă astfel o schemă a udărilor, din care se poate desprinde numărul de udări pe lună. Schema udărilor este dată și sub forma a șase cifre pentru lunile aprilie, mai, iunie, iulie, august, septembrie, ca de exemplu: 001221 în care în lunile aprilie și mai nu se fac udări, pentru lunile iunie și septembrie o udare și pentru lunile iulie și august două udări. Dacă se cunoaște și norma de irigație anuală $M_i = 4200 \text{ m}^3/\text{ha}$ pentru cele șase udări revine o normă de udare egală cu $4200 : 6 = 700 \text{ m}^3/\text{ha}$.

7° Graficul necoordonat și coordonat al udărilor. Modulul de udare

Administrarea la plante a normelor de udare conform regimului de irigație stabilit se face în funcție de cerințele plantei și posibilitățile gospodăriei de a organiza munca de udare. Astfel, trebuie ținut seama dacă apa trebuie să fie distribuită fiecărui sector de udare prin rotație, la cerere sau continuu. Perioada de udare a unei culturi T_c (zile) nu poate fi lungită prea mult. Astfel pentru o suprafață dată semănată cu o singură cultură, se începe udarea parcelă cu parcelă, astfel ca în 8-10 zile să se termine irigarea în perioada critică a plantei și umiditatea solului să nu scadă în ultimele zile pe parcele, sub plafonul minim. Ținând seama că zilnic se pot administra udări timp de $t = 20$ ore și mai mult, rezultă debitul specific de udare (modulul de udare):

$$q = \frac{m}{T_c \cdot t \cdot 3,6} \quad (\text{l/s/ha}) \quad (3.238)$$

în care: m (m^3/ha), T_c (zile), t (ore).

Acest modul de udare este necesar dimensionării ultimului element de udare (canal terțiar sau antenă) calculând Q (l/s) care trebuie transportat suprafeței S (ha) cultivat de o cultură

$$Q = q \cdot S \quad (3.239)$$

Pentru dimensionarea prizei de apă (stația de pompare) a sistemului de irigație, care deservește mai multe culturi, se calculează debitul specific pentru irigații al sistemului și debitul total instalat:

$$q_0 = \frac{M_{\max}}{2630} \cdot \frac{24}{n} \quad (\text{l/s/ha}) \quad (3.240)$$

$$Q_0 = q_0 \cdot S_0 \quad (\text{l/s})$$

în care:

M_{\max} - norma de irigație maximă necesară într-o lună (m^3/ha);

N - numărul de ore/zi de udare;

2630 - rezultă din $24 \times 3,6 \times 30,43$

Q_0 - debitul total instalat pentru deservirea suprafeței sistemului S_0 .

Debitul specific pentru irigații al sistemului poate fi calculat și cu relația:

$$q_0 = \frac{n_1 \alpha_1 m_1 + n_2 \alpha_2 m_2 + n_3 \alpha_3 m_3}{30 \cdot 20 \cdot 3,6} \text{ (l/s/ha)} \quad (3.241)$$

în care:

Considerând 3 culturi avem:

n_1, n_2, n_3 - numărul de udări pe lună la cele trei culturi;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - procentul din suprafața culturii respective;

m_1, m_2, m_3 - normele de udare ale culturilor

Exemplu:

Să presupunem că suprafața totală a sistemului de irigație este $S_0 = 350$ ha, unde avem 3 culturi: porumb $S_1 = 200$ ha, legume $S_2 = 50$ ha și lucernă $S_3 = 100$ ha, cu normele de udare $m_1 = 800$ m³/ha, $m_2 = 400$ m³/ha, $m_3 = 800$ m³/ha:

$$q_1 = \frac{800}{8 \cdot 20 \cdot 3,6} = 1,4 \text{ (l/s/ha)} = q_3$$

$$q_2 = \frac{400}{8 \cdot 20 \cdot 3,6} = 0,7 \text{ (l/s/ha)}$$

$$Q_1 = 1,4 \cdot 200 = 280 \text{ l/s;}$$

$$Q_2 = 0,7 \cdot 50 = 35 \text{ l/s;}$$

$$Q_3 = 1,4 \cdot 100 = 140 \text{ l/s}$$

Pentru luna cu consum maxim, de exemplu: iunie, avem la porumb două udări pe lună $n_1 = 2$, la legume $n_2 = 2$ și la lucernă $n_3 = 2$, cu procentul de suprafața culturilor $\alpha_1 = 57,2\%$, $\alpha_2 = 14,2\%$, $\alpha_3 = 28,6\%$, utilizând relația (3.241) obținem:

$$q_0 = \frac{2 \cdot 0,572 \cdot 800 + 2 \cdot 0,142 \cdot 400 + 2 \cdot 0,286 \cdot 800}{30 \cdot 20 \cdot 3,6} =$$

$$= 0,69 \text{ l/s}$$

Utilizând relația (3.240) avem:

$$q_0 = \frac{1600}{2630} \cdot \frac{24}{20} = 0,735$$

$$Q_0 = 0,735 \cdot 350 = 257 \text{ (l/s)}$$

Graficul necoordonat al udărilor se reprezintă într-un sistem de axe cu timpul în luni și decade în abscisă și debitul Q_1, Q_2, Q_3 și de lățime T_c plasate în abscisă la intervalele (T_c) între udări calculate. Pentru fiecare cultură aceste dreptunghiuri se colorează diferit și suprafața unui dreptunghi reprezintă volumul total de apă dat culturii respective.

Se trasează apoi linia orizontală cu valoarea Q_0 instalat la priză. Suprafețele ce depășesc această linie trebuie coordonate, astfel se obține *graficul coordonat al udărilor*. Această coordonare se face ținând seama de:

- volumul de apă trebuie să rămână același;
- se pot devansa udările cu 3-5 zile;
- în consecință durata de udare a unei culturi T_c poate crește cu 3-5 zile, se recalculează $q_1, q_2 \dots$ și $Q_1, Q_2 \dots$ pentru aceste suprafețe cultivate.

8° Debitul de dimensionare a lucrărilor de irigații

Debitul de dimensionare Q a lucrărilor de irigații se determină cu relația:

$$Q = Q_n \cdot \frac{1}{\eta_r} \quad (3.242)$$

în care:

Q_n - debitul net al rețelei de canale, jgheaburi sau conducte în l/s, determinat cu relația (3.243)

η_r - randamentul rețelei de canale, jgheaburi sau conducte, determinat conform relației:

$$\eta_r = \frac{Q_n}{Q_n + Q_{pr}}$$

Q_{pr} este debitul pierdut prin infiltrație, evaporație și neetanșeitățile stăvilarelor (vanelor) de pe rețeaua de canale, jgheaburi sau conducte.

Debitul net al rețelei de canale, jgheaburi sau conducte se determină cu relația:

$$Q_n = S \cdot q_d \cdot \frac{1}{\eta_u} \text{ (l/s)} \quad (3.243)$$

în care:

S - aria terenului de irigat, în ha

q_d - debitul specific de dimensionare în l/s/ha, determinat conform relației 3.246

η_u - randamentul udării în câmp determinat conform relației 3.244

$$\eta_u = \frac{Q_a}{Q_a + Q_{pu}} \quad (3.244)$$

Q_a - debitul util folosit de culturile agricole;

Q_{pu} - debitul pierdut în timpul udării, prin evaporare sau infiltrație sub stratul activ de sol

De obicei, η_u se ia în funcție de metoda de udare:

- 0,85, pentru udare prin scurgerea apei la suprafața terenului;

- 0,9, pentru udare prin aspersiune.

Debitul specific fictiv q_u se determină cu relația:

$$q_u = \frac{1000 \cdot M_{\max}}{T \cdot t} = \frac{M_{\max}}{2592} \text{ (l/s/ha)} \quad (3.245)$$

în care:

M_{\max} - necesarul de apă al unei culturi în m³/ha,

în luna cu consum maxim, cu asigurarea de 80%;

T - 30, numărul de zile pentru luna de vârf;

t - 86400, numărul de secunde existent într-o zi.

Debitul specific de dimensionare q_d se determină cu relația:

$$q_d = q_u \cdot \frac{t}{24} \cdot \frac{T}{30} \text{ (l/s)} \quad (3.246)$$

în care:

q_u - debitul specific fictiv, în l/s/ha, determinat conform relației 3.245;

t - timpul efectiv de funcționare, cu debit continuu și constant în ore/zi;

T - timpul efectiv de funcționare, în zile/lună.

Timpul efectiv de funcționare t în ore/zi se ia 24 ore, pentru: stația de pompare sau repompare cu refulare în canale deschise cu posibilități de acumulare; canale deschise de aducțiune și de distribuție cu posibilități de acumulare; și la stații de pompare de punere sub presiune cu refulare în bazine de compensare.

Timpul efectiv de funcționare t în ore/zi se ia egal cu cel al echipamentului de udare pentru: stația de pompare sau repompare cu refulare în canale deschise fără posibilități de acumulare; canale deschise de aducțiune și de distribuție fără posibilități de acumulare; și stații de pompare de punere sub presiune cu refulare în conducte îngropate.

Pentru echipamentul de udare și conducte îngropate se ia $t = 20-22$, funcție de gradul de mecanizare, forța de muncă și condiții pedoclimatice.

3.3. NECESARUL DE ENERGIE ÎN AMENAJĂRILE DE IRIGAȚII ȘI DESECĂRI-DRENAJE, CU UNELE SOLUȚII DE RAȚIONALIZARE

3.3.1. ESTIMAREA CONSUMULUI DE ENERGIE ÎN AMENAJARE ȘI ÎN EXPLOATARE

În ultimele decenii eforturile omenirii au fost considerabile și pe linia înlăturării crizei alimentare; aceste eforturi, în care se înscrie și țara noastră, continuă atât pe orizontală – prin luarea în cultură a noi terenuri (vezi partea a III-a), cât și pe verticală, prin intensificarea producțiilor agricole.

În această acțiune au fost realizate în România amenajări de irigații la nivel de circa 3 milioane ha irigații și asemănător în domeniul desecărilor și drenajelor. Secetele din ultimii ani (1998-2000 și 2002-2003) intersectate de perioade cu ploi abundente, urmate de efectele dezastruoase cunoscute, obligă forurile de conducere și răspundere ale societății noastre să-și îndrepte din nou atenția spre acest sector de îmbunătățiri funciare trecut în umbră în primul deceniu al secolului XXI.

Creșterea în ritmul arătat a amenajărilor de irigații și drenaje, în contextul crizei energetice mondiale și naționale, obligă proiectanții și realizatorii acestor amenajări să găsească soluții tehnologice cu consum de energie scăzut, iar soluțiile de exploatare să fie asigurate prin independență energetică.

Desigur, problema nu se poate generaliza pe tot teritoriul țării, dar în zonele colinare, de dealuri, subcar-

patice, unde condițiile naturale permit crearea de acumulări, iar aducțiunile pot fi de tip gravitațional, fără consum de energie, ci din contră, cu producere de energie, este realizabil dezideratul independenței energetice. E bine cunoscut faptul că în amenajările cu consum mare de energie (exemplu: irigații și drenaje) consumul de energie *înglobată* (în amenajare) la unitatea de suprafață este mai mare decât cel de *exploatare*, dacă referirea privește anul. Dacă însă se are în vedere că o amenajare de irigații, desecări-drenaje trebuie să funcționeze zeci de ani, atunci problema se schimbă radical.

Pentru a estima consumurile specifice de energie (la ha) din ambele acțiuni „*execuție-amenajare*” și „*exploatare*”, în scopul direcționării căilor de reducere a acestor consumuri, cu titlul informativ se dau următoarele valori:

1° Cu privire la energia înglobată

– în *rețeaua de canale* (cu: 20,1 m³/ha terasamente săpături și 10,6 m³/ha căptușeli beton B200; având consumuri de energie: la săpături de 1,6 kWh/m³, iar la căptușeli betoane B200 este 627 kWh/m³) și în

– *rețeaua de conducte* (cu 2,82 m/ha – premo; 21,0 m/ha – azbo și 46 m³/ha – terasamente; având consumuri de energie: 2260 kWh/t – la tuburile premo, 1800 kWh/t – la tuburile azbo; cu echivalente: 2,82 m/ha tuburi premo, echivalent Ø 600 mm – revine 0,729 t/ha, iar 21,0 m/ha tuburi azbo la Ø care intră în rețea cu greutatea corespunzătoare, revine 0,31 t/ha) rezultă ca energie înglobată la ha:

20,1 mc/ha x 1, kWh/mc =	32 kWh/ha
10,6 mp/ha x 0,60 m = 0,63 mc/ha x 627 =	395 kWh/ha
0,79 t/ha x 2260 KWh/t =	1650 kWh/ha
0,31 t/ha x 1800 KWh/t =	558 kWh/ha
46 mc/ha x 1,6 KWh/mt =	74 kWh/ha

respectiv:

– în rețeaua de canale: 32 + 395 = 427 kWh/ha

– în rețeaua de conducte:

1650 + 558 + 74 = 2282 kWh/ha

Total energie înglobată: 2709 kWh/ha

2° Cu privire la energia de exploatare

Consumul de energie în exploatare are loc cu deosebire la stațiile de pompare: aproximativ 53% din consumul total de energie, pentru stațiile de bază și repompare (aducțiuni și distribuții) și 47% în amenajările interioare, la stațiile de pompare și punere sub presiune.

În amenajările realizate până în prezent în țară, în cea mai mare parte cu aducțiuni prin pompare (cu o medie a înălțimii de pompare de 66 m), consumul de energie electrică de 53%, în schema hidrotehnică, a fost justificat, apa ridicându-se din râurile cu debite mari (Dunărea, Siretul, Mureșul etc.).

În amenajările interioare, înălțimile de ridicare la stațiile de pompare și punere sub presiune sunt considerate (ISPIF) la 47 m pentru tehnica irigației prin as-

persiune și 38,5 m la tehnicile de irigare prin scurgere la suprafață și prin picurare.

Înălțimile medii în orezării sunt de circa 10 m, ca și în amenajările de desecări-drenaje.

Volumele de apă pompate la irigații se consideră în medie de 3000 mc/ha pentru stațiile de bază și de repompare și de 2700 mc/ha la stațiile de pompare și de punere sub presiune, pentru ambele tehnici principale de irigare (aspersiunea și scurgerea la suprafață).

Pentru calculul energiei consumate în exploatare (E_c) la pomparea totală a apei, necesară a iriga anual un ha, luând în considerare valorile medii: $M = 3000$ mc/ha; $H_B = 60$ m; $H_{pp} = 70$ m; $\eta = 0,7$ și relația de calcul:

$$E_c = \frac{\gamma \cdot M \cdot H}{102 \cdot \eta \cdot 3600} \text{ kWh/ha}$$

rezultă:

– pentru **aducțiune**:

$$E_{c_a} = \frac{1000 \cdot 3000 \cdot 60}{102 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 704 \text{ kWh/ha și an,}$$

– pentru **pompare** și **punere sub presiune** (la aspersiune) **în rețea**:

$$E_{c_a} = \frac{1000 \cdot 3000 \cdot 70}{102 \cdot 0,7 \cdot 3600} = 817 \text{ kWh/ha și an,}$$

Deci consumul total de energie pentru irigarea anuală a unui ha la care apa se aduce numai prin pompare (de la sursă și până la aspersoare) se ridică la $704 + 817 = 1521$ kWh/ha și an pentru condițiile date.

Dacă estimările de mai sus s-ar extinde, considerându-se aceleași condiții de amenajare și exploatare pentru cea mai mare parte a amenajărilor de irigații și drenaje din țară (cu estimare pentru anul 1990), este ușor de înțeles că planul de producție de energie electrică al țării nu ar putea satisface cerințele pentru sectorul nostru decât cu eforturi deosebite.

Dacă am avea în vedere estimările făcute până în anul 2000 asupra consumului de energie pentru *amenajarea* celor aproximativ 3 milioane ha pentru irigații și 2 milioane ha pentru desecări-drenaje, ca și pentru *exploatarea* a 5-6 milioane ha irigații și desecări-drenaje, în condiții similare celor din prezent, un calcul elementar ne-ar conduce la cifre de ordinul peste 10-12 miliarde kWh/an energie pentru irigații și drenaje. Și dacă se are în vedere și perioada limitată de timp în care trebuie furnizată această energie (în special în 2-3 luni pe an pentru irigații), atunci tabloul și perspectiva dezvoltării și exploatării acestor amenajări vis-à-vis de programul energetic nu ar fi prea încurajator.

Pentru acest motiv fundamental, la care se mai adaugă și altele funcție de echipamente, personal etc., se caută soluții, căi, mijloace de a se asigura pe cât posibil *independența energetică* a irigațiilor, prin elementele acestora (canale) tranzitându-se deja energie (apă).

Se depun eforturi deosebite în tehnica română,

ca și în cea mondială pe această linie:

- unii specialiști își concentrează atenția pe creșterea randamentelor sistemelor și echipamentelor de transport (apă, energie);
- alții pe linia reducerii consumurilor (volumelor) de apă în sistemele de irigații, respectiv drenaje și re-folosirii apei;
- alții pe linia optimizării consumurilor, dimensionărilor și funcționărilor instalațiilor de pompare, rețelelor de conducte (canale) și echipamentelor de distribuția apei (până la plantă);
- alții pe linia materialelor (fabricate, prefabricate) înglobate în amenajare sau pe linia înlocuirii unor materiale energointensive sau deficitare prin alte materiale sau procedee tehnologice;
- alții pe linia utilajelor și echipamentelor de execuție, pentru terasamente, betoane, nivelări, drenaje etc.;
- alții pe linia dezvoltării unor aparate și dispozitive de mare randament și eficiență în distribuirea apei la plantă și numai în zona strict folosibilă;
- alții pe linia dezvoltării unor noi tehnici de irigare cu consumuri foarte mici de apă și energie, valorificând-o (apa) în faza de sucțiune sau condens etc.;
- alții adoptând linia concepției unui alt gen de soluții hidrotehnice, în care irigațiile să se coreleze cu alte activități teritoriale sau bazinale, în scheme gravitaționale complexe ș.a.m.d.

Sigur că e greu de conceput ca într-o singură lucrare sau numai un colectiv restrâns de specialiști sau autori să soluționeze întreaga problemă. Desigur că aceasta va cădea în sarcina mai multor instituții și colective de specialiști, pentru etapele ce urmează, putându-se diferenția:

- studii pe linia reducerii consumurilor tehnologice de energie înglobată;
- studii pe linia consumurilor de energie în exploatare ș.a.m.d., rezolvările fiind posibile și în faze prealabile elaborării soluțiilor proiectului, în etapa de proiectare, precum și în etapele următoare de șantier și exploatare.

În orice etapă și orice gen de contribuție pe linia reducerii consumurilor de energie (ca și de apă) sunt bine venite. În lucrarea de față atenția se va concentra cu privire la „căile de reducere a consumului de *energie de exploatare*” aceasta grevând în mod deosebit economia țării și a unităților beneficiare, fiind mare și permanentă, pe tot timpul funcționării sistemului de irigații și drenaje. Soluțiile pe care le aducem în discuție, cu exemplificări din tehnica mondială, urmăresc fixarea unor criterii și concepții care să conducă și la reducerea consumului de energie, dar în primul rând la „*inde-*

pendența energetică¹ a irigațiilor” și chiar la „producerea de energie”, prin adoptarea de scheme hidrotehnice complexe și gravitaționale.

Deci materialul ce urmează vizează soluții realizate în cele mai frecvente cazuri:

- pentru *reducerea consumului de energie* (de exploatare) prin:

- soluții de amplasare a centrelor de priză, în cazul unor prize noi;

- soluții de pompări pe zone, cu canale și bazine intermediare zonale

- pentru *independență energetică*, în exploatare și cu producere de energie, în cazul, unor scheme hidrotehnice complexe, gravitaționale realizate:

- prin transformarea unor centre de priză vechi, prin pompare, în centre de priză de tip gravitațional;

- prin acumulări frontale dominante și transfer interbazinal;

- cu apă din bazinul hidrografic propriu;

- prin conlucrarea resurselor de apă ale întregului teritoriu amenajabil.

3.3.2. MĂSURI PENTRU REDUCEREA CONSUMULUI DE ENERGIE DE EXPLOATARE, CU EXEMPLE

1° Unele soluții de amplasare a centrelor de priză

Pentru a se putea aduce și distribui apa gravitațional pe suprafața irigabilă sau fără consum mare de energie (în afară de cel reclamat de pulverizare, în cazul aspersiunii), este necesar ca apa, luată din sursă, să fie adusă pe cât posibil în punctul cel mai ridicat al suprafeței (fig. 3.10).

Problema se poate rezolva, din punct de vedere tehnic și economic, în mai multe soluții și variante, funcție de natura și poziția punctului de alimentare ales.

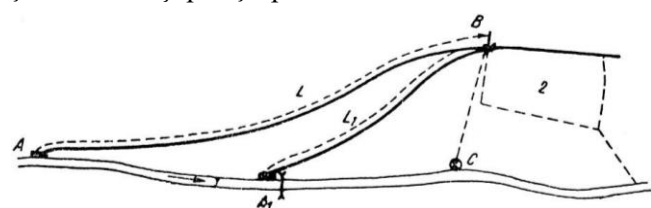


Fig. 3.10. Schema a trei soluții de priză și traseu (două prin scurgere gravitațională și una prin ridicare mecanică): 1 – râul; 2 – suprafața irigabilă

În acest caz se evidențiază trei soluții:

- **S_I** – construirea unui canal de aducțiune cu lungime L mare și cu pantă I , cu priză fără baraj A , într-un sector de râu cu pantă mare i ; $i > I$;

- **S_{II}** – construirea unui canal cu lungime mai mică $L_1 < L$ și cu priză cu baraj A_1 , care supraînalță nivelul apei cu h_1 ;

- **S_{III}** – construirea unei prize cu ridicare mecanică C .

Comparându-se cele trei soluții, în ideea aducerii apei în punctul B de cotă maximă, rezultă costul amenajărilor.

Diferența de cotă „ h ” între cele două puncte B și C pentru **S_I** este:

$$h = L(i - I);$$

Astfel, lungimea părții inactive a canalului de aducțiune este:

$$L = \frac{h}{i - I}$$

Diferența dintre cotele apei în punctele B și C pentru soluția **S_{II}** va fi:

$$(A_1 + h_1 - L_1 I) - (A_1 - L_1 i) = h$$

$$h_1 + L_1(i - I) = h$$

De aici rezultă lungimea L_1 a părții inactive a canalului de aducțiune:

$$L_1 = \frac{h - h_1}{i - I} < L$$

Soluția de mai sus cu baraj prezintă avantajul că reducând lungimea părții inactive a canalului magistral cu $d = l - L_1$, micșorează prin aceasta prețul de cost.

Această reducere trebuie comparată însă cu cheltuielile pe care le-ar provoca construcția și exploatarea barajului.

În multe cazuri, nici una din cele două soluții expuse mai sus (cu L și L_1) nu este satisfăcătoare și se poate recurge la o soluție mixtă pentru irigarea întregii suprafețe sau a unei părți din ea. Și în acest caz se întâlnesc două situații (fig. 3.11):

- în punctul C , lângă râu (1), se instalează o stație de pompare care trimite apa în punctul B , pentru a iriga întreaga suprafață ($\omega_1 + \omega$), dacă condițiile tehnice și economice motivează aceasta;

- suprafața cea mai înaltă ω_1 se irigă prin ridicarea mecanică a apei din punctul C al râului sau din punctul D al canalului magistral, iar restul suprafeței se irigă gravitațional, prin canalul magistral L , care pleacă din punctul A al râului.

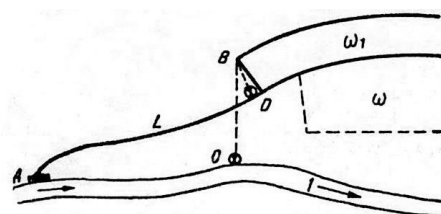


Fig. 3.11. Schema a trei soluții de priză și traseu (două prin

¹ Prin noțiunea de independență energetică, nu se exclud pompările și repompările în cadrul schemei hidrotehnice, însă energia necesară pentru acestea va fi obținută local, în interiorul aceleiași scheme, prin microhidrocentralele intercalate în rețeaua de irigație și alte soluții.

ridicare mecanică și una prin scurgere gravitațională)

Soluția adoptată va fi aceea care prezintă superioritate din punct de vedere tehnic și economic.

Din punct de vedere economic, problema se finalizează în ipoteza soluției S_I în modul următor:

- în cazul derivării gravitaționale a apei dintr-un râu, cota de dominație asupra suprafeței de irigat se obține luându-se pentru canalul de aducțiune (C.A.) o pantă I mai mică decât a râului i .

În ipoteza că poziția și cota primului nod de distribuție de pe C.A. sunt fixate, se va stabili poziția locului de priză astfel încât să rezulte un cost minim al părții inactive a C.A. (între priză și primul nod de distribuție). Cazul se referă la situația când C.A. este relativ paralel cu râul și locul de amplasare al prizei poate fi oriunde pe râu. Păstrând notațiile din fig. 3.10 (S_I), deci: L – lungimea medie (pe C.A. și pe râu); h – diferența de nivel între râu și canal, în dreptul primului nod de distribuție (B), rezultă:

$$h = L(i - I) \text{ sau } L = \frac{h}{i - I}$$

Dacă se presupune costul canalului (C) proporțional cu secțiunea acestuia (A), rezultă:

$$C = K \cdot A \cdot L = K \cdot h \cdot \frac{A}{i - I} \quad (3.247)$$

$$I = \frac{n^2 \cdot q_m^2}{A^2 \cdot R^{4/3}} = \frac{n^2 \cdot q_m^2 \cdot M^{2/3}}{A^{8/3}} \quad (3.248)$$

unde:

$$M = \frac{A}{R^2} \text{ este coeficientul de formă al canalului.}$$

Considerându-se pentru P din formula lui Chézy expresia $1/n R^{1/6}$, a lui Manning, se obține $R = \left(\frac{A}{M}\right)^{1/2}$

și q_m – debitul maxim al canalului.

Făcând înlocuirile rezultă:

$$C = K \cdot h \cdot \frac{A}{i - \frac{n^2 \cdot q_m^2}{A^2 \cdot R^{4/3}}}$$

Pentru aflarea minimumului lui C , derivând și egalând cu 0, rezultă secțiunea A și panta I economice, pe care trebuie să le aibă canalul de aducțiune:

$$A = \left(\frac{11}{3} \cdot \frac{n^2 \cdot q_m^2 \cdot M^{2/3}}{i} \right)^{3/8} \quad (3.249)$$

$$I = \frac{3}{11} i \quad (3.250)$$

Tot o problemă economică, mai generală decât precedentă, poate fi pusă pentru întreaga rețea de irigație sau numai pentru rețeaua de aducțiune, în scopul de a căuta panta și secțiunea udată cea mai economică pentru fiecare tronson de canal, prevăzând și include-

rea de ridicări mecanice sau de căderi motrice.

Se acceptă și ipoteze simplificatoare. O astfel de simplificare ar fi stabilirea anterioară acestui calcul a poziției stațiilor de pompare sau a hidrocentralelor.

În acest caz, funcția ce trebuie minimizată va depinde de diferite secțiuni A_i ale tronsoanelor de canal, iar acestea vor fi legate de investițiile specifice B_1 și B_2 (pentru puterea produsă sau folosită) și de debitele tronsoanelor de canal.

În calcul este necesar să se țină cont de topografia terenului, viteze-limită etc., din care cauză nu se recomandă abordarea problemei în general pe rețele complexe, ci pe porțiuni mai importante.

Variante ale soluțiilor de priză, trasee de aducțiuni gravitaționale și prin pompare, variante de alimentări ale zonelor irigabile, se pot urmări și în fig. 3.12.

Studiile întreprinse pentru derivarea gravitațională a apei în scop de irigații au reliefat rolul hotărâtor pe care-l joacă poziția centrului de priză asupra mărimii suprafeței irigabile. Pentru zona de NE a Bărăganului, studiile întreprinse (Sc. 1/100000) indicau ca fezabile următoarele poziții de centre de priză (1, 2, 3, 4), cu următoarele variante ($V_{1, 2, 3, 4}$) de suprafețe deservite-irigabile și lungimi de canale (fig. 3.13).

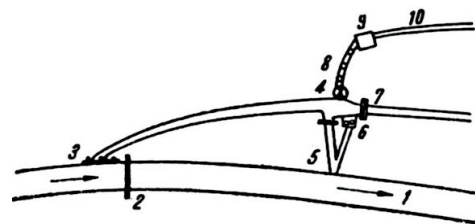


Fig. 3.12. Schema unei alimentări cu apă mixtă (gravitațională și mecanică): 1 – râul; 2 – baraj pentru ridicarea apei; 3 – stăvilor-regulator frontal; 4 – stație de pompare; 5 – canal de evacuare; 6 – hidrocentrală; 7 – instalație de barare; 8 – conductă forțată; 9 – bazin de refulare; 10 – canal de irigație

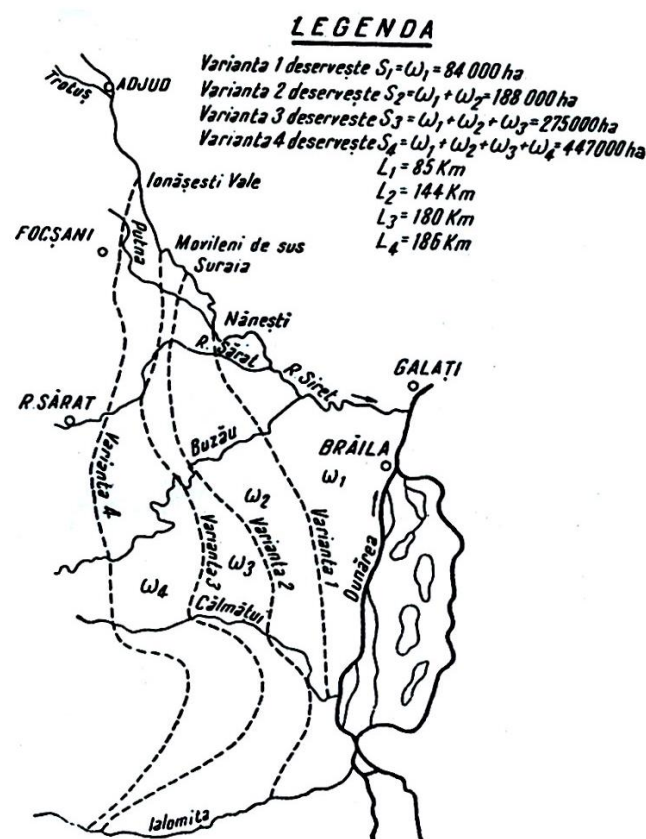


Fig. 3.13. Variația suprafeței irigabile din Bărăgan în funcție de punctul de priză (soluții studiate de colectivul prof. Valeriu Blidaru anterior executării actualei captări)

2° Unele soluții de ridicarea apei pe zone, cu canale și bazine intermediare, cu exemple

Sursa de apă, prin poziția ei față de suprafața irigabilă, poate influența soluția schemei hidrotehnice a sistemului, dacă nu total, cel puțin în ceea ce privește înălțimea de ridicare a apei și consumul de energie.

În cazul când sursa de apă ocupă o poziție altimetrică joasă, la piciorul versantului suprafeței irigabile, alimentarea cu apă prin pompare se poate face în variate soluții:

- ridicându-se apa la înălțime maximă sau pe zone,
- ridicându-se apa numai în perioada de irigare sau în tot cursul anului etc.

Din acestea derivă numeroase variante de amplasare a rețelelor de aducțiune și distribuție a acumularilor etc.

Problemele care se pun în continuare urmăresc fundamentarea tehnico-economică a poziției, volumului și modului de funcționare al bazinului în care se aduce apa (adesea prin pompare), precum și a canalelor de distribuție zonale, în condiții de consum minim de energie.

1) Volumul și amplasarea bazinelor (și a canalelor) zonale

La proiectarea și construirea bazinelor de regularizare zonale trebuie avut în vedere:

- capacitatea bazinului; dacă acesta este mare și urmează să primească apă în tot cursul anului, pentru a avea deci și un rol regulator, condițiile topografice, geologice și hidrogeologice trebuie bine studiate, pentru a vedea dacă sunt potrivite;
- apa din bazinul de regularizare poate fi folosită la irigație pe două căi: gravitațional, prin scurgerea directă din bazin pentru suprafețele așezate mai jos de acesta și prin pompare de sezon, pentru suprafețele așezate mai sus de bazin;
- înălțimea cea mai convenabilă la care să se poată amplasa bazinul de regularizare se determină luând în considerație condițiile topografice și geologice impuse, precum și costul minim al ridicării apei de irigat.

1/ Amplasarea bazinelor

Considerând că înălțimea (H) de amplasare a bazinului nu este impusă de condițiile topografice și geologice, pentru a afla cota optimă, la care se amplasează, se procedează astfel: se determină costul total (K) de ridicare a volumului de apă ($M\omega$) pentru întreaga suprafață de irigat și se pune condiția de a fi minim (derivata I egală cu 0).

Se va obține astfel o expresie care va da costul minim de ridicare a apei.

Dacă situația suprafeței de irigat se prezintă ca în fig. 3.14, iar M este norma de irigație, în mc/ha:

- ω este suprafața totală de irigat gravitațional și prin pompare, pentru care se ridică apa din sursă prin stația A care funcționează tot cursul anului, în ha;

- H_0 – nivelul apei din sursă, luat în considerație la determinarea înălțimii manometrice;

- H – nivelul apei din bazinul de regularizare (care se ia în funcție de relief și condițiile geologice sau de costul minim);

- C_1 – costul de ridicare a unui mc de apă la înălțime de 1 m, de către prima stație (A) ce funcționează tot anul. Se ține cont, în afară de cheltuielile de investiție, de exploatare și întreținere și de cheltuielile suplimentare provocate iarna din cauza înghețului, care pot fi destul de ridicate;

- $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – suprafețele din amonte de bazinul de regularizare, care se irigă prin ridicarea mecanică a apei în timpul sezonului de vegetație, prin stația B;

- H_1, H_2, H_3 – înălțimile de ridicare corespunzătoare suprafețelor $\omega_1, \omega_2, \omega_3$;

- C_2 – costul ridicării unui mc de apă la înălțimea de 1 m, cu ajutorul stațiilor de sezon ($C_2 > C_1$).

În costul ridicării apei (atât la C_1 cât și la C_2) trebuie incluse și cheltuielile anuale ale bazinului de

Tabelul nr. 3.12. Elementele cheltuielilor de investiții și exploatare

Variantele	Investiții	Cheltuieli anuale	
Ridicare totală (fără zone)	$C_{i1} = a(N) + b(V) + d(l)$	$C_{a1} = e(N) + r(C_{i1})$	$C_1 = \frac{C_{i1} + C_{a1}}{V}$
Ridicare pe mai multe zone	$C_{i2} = \sum aN_i + \sum bV_i + \sum dl_i$	$C_{a2} = \sum e(N_i) + \sum r(C_{a2})$	$C_2 = \frac{C_{i2} + C_{a2}}{V}$

acumulare:

- Volumul (V) total anual de apă pe care trebuie să-l ridice stația A este:

$$V = M\omega \quad (3.251)$$

- Costul (K_1) al ridicării întregului volum de apă ($M\omega$) la înălțimea ($H - H_0$) este:

$$K_1 = M\omega (H - H_0) C_1 \quad (3.252)$$

- Costul (K_2) al ridicării apei prin stația de sezon

(B) pentru irigarea suprafețelor ($\omega_1, \omega_2, \omega_3$) este:

$$K_2 = C_2 M\omega_1 (H_1 - H) + C_2 M\omega_2 (H_2 - H) + C_2 M\omega_3 (H_3 - H) \quad (3.253)$$

- Costul total (K_T) al ridicării apei va fi:

$$K_T = K_1 + K_2 = M\omega (H - H_0) C_1 + MC_2 [\omega_1 (H_1 - H) + \omega_2 (H_2 - H) + \omega_3 (H_3 - H)] \quad (3.254)$$

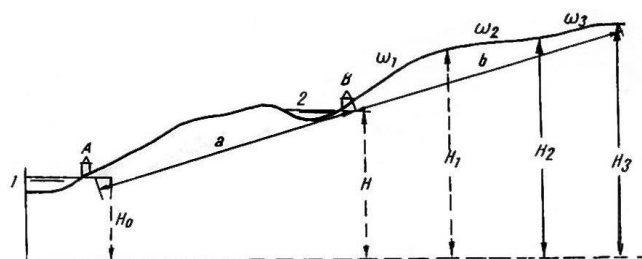


Fig. 3.14. Schema amplasării bazinului de regularizare și a suprafețelor irigabile: a – zona de irigație prin scurgere liberă; b – zona de irigație prin ridicare mecanică; 1 – râul; 2 – bazin de regularizare; A, B – stații de pompare.

Pentru a determina acum cota cea mai convenabilă (H) de amplasare a bazinului de acumulare, se pune condiția de a obține un cost total (K_T) minim.

Făcând operațiile necesare și derivând un raport cu H , se obține expresia care arată condiția de amplasare:

$$K_T = M\omega HC_1 - M\omega H_0 C_1 + MC_2 \omega_1 H_1 - MC_2 \omega_1 H + MC_2 \omega_2 H_2 - MC_2 \omega_2 H + MC_2 \omega_3 H_3 - MC_2 \omega_3 H \quad (3.255)$$

$$\frac{dK_T}{dH} = M\omega C_1 - MC_2 \omega_1 - MC_2 \omega_2 - MC_2 \omega_3 = 0$$

$$M\omega C_1 = MC_2 (\omega_1 + \omega_2 + \omega_3)$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\omega_1 + \omega_2 + \omega_3}{\omega}$$

Acest raport $\frac{C_1}{C_2}$ arată cota (H)

cea mai convenabilă de amplasare a bazinului de regularizare, determinată de costul minim de ridicare a apei.

Cota (H) de amplasare a bazinului este aceea care divide suprafața irigabilă în raportul $\frac{C_1}{C_2}$.

Pentru determinarea valorilor C_1 și C_2 se folosesc datele din tabelul nr. 3.12.

în care:

s este costul unui CP instalat;

b - costul unui mc de apă adus la aspirație, ce cuprinde costul instalației de priză la mc ce se referă la:

- costul canalului de priză – b_0 (dacă există);

- costul instalației din capul canalului de priză – b_1 ;

- costul bazinului de aspirație – b_2 ;

- costul clădirii stației de pompare – b_3 ;

- costul instalațiilor de luptă împotriva aluviunilor – b_4 ;

$$b = \frac{b_0 + b_1 + b_2 + b_3 + b_4}{V_T} \quad \text{în care } V_T \text{ este volumul al apei de luat din sursă;}$$

d - costul unui metru liniar canal ce primește apa din refularea pompei;

N - puterea motorului, în CP;

V - volumul de apă luat din sursă și ridicat, în mc;

l - lungimea canalului, în m;

e - costul exploatării la CP (pentru ridicarea debitului total la înălțimea H dată);

r - cheltuielile de întreținere și exploatare anuale pentru toată instalația, în procente față de C_i (investiții), compuse din întreținerea centrului de priză (cu toate instalațiile); agregatele de pompare, echipamente, armături; bazinul de refulare; canalul de aducțiune; salariile și cotele de amortizare.

2/ Amplasarea canalelor de aducțiune în sistemele de irigații alimentate prin pompare

În calculul și trasarea rețelei de canale se urmărește a se obține, pe cât posibil, o valoare minimă a produsului QH , pentru micșorarea cheltuielilor de investiții și exploatare cu instalațiile de pompare. Aceasta se realizează prin determinarea debitului de consum pe baza graficului hidromodulului coordonat de hidrograficul râului pentru anul de calcul ales, ceea ce va scuti de a lua apă din sursă în perioadele în care nivelul râului este minim.

Numai un studiu hidrologic executat și interpretat corect, corespunzător consumului de apă din siste-

mul de irigație, va asigura înălțimea minimă de ridicare.

În funcție de relief, pantă și alte condiții de ordin tehnic și economic, canalele principale care primesc apa refulată se pot trasa în mai multe variante.

– **Prima variantă** (fig. 3.15.a). Toată apa se aduce într-un canal care se trasează pe cotele mai înalte ale suprafeței de irigat, canal alimentat de conducta de refulare a stației de pompare situată la sursă.

În acest caz, puterea stației de pompare ce se stabilește cu ajutorul formulei va fi maximă:

$$P = \frac{\gamma \cdot QH}{75 \cdot \eta} \quad (3.257)$$

în care debitul Q este determinat în acest caz prin relația:

$$Q = \lambda \cdot \Omega_A \text{ mc/s} \quad (3.258)$$

unde:

λ este hidromodulul coordonat;

Ω_A – suprafața efectiv irigabilă a întregului asolament;

H – înălțimea manometrică a ridicării apei, egală cu înălțimea geodezică plus pierderile;

η – randamentul stației de pompare.

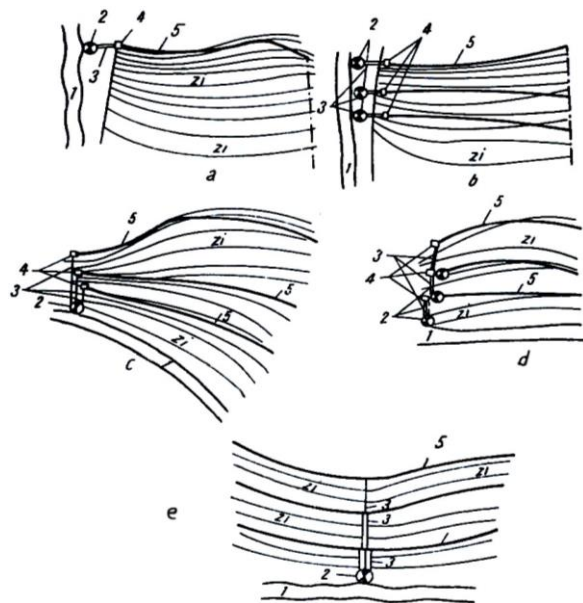


Fig. 3.15. Schema amplasării canalelor principale alimentate mecanic: a – varianta I; b – varianta II; c – varianta III; d – varianta IV; e – varianta V; 1 – râu; 2 – stații de pompare și repompare; 3 – conducte de refulare; 4 – bazin; 5 – canale principale; zi – zone de irigat.

– **A doua variantă.** Apa este refulată în câteva canale (fig. 3.15.b) care se trasează la diferite cote și fiecare canal este deservit de un grup de pompare propriu.

În acest caz, suprafața irigabilă este împărțită în zone diferite, fiecare cu alimentarea ei separată. Pentru această variantă se construiesc canale zonale separate,

tot astfel și stații de pompare separate așezate de-a lungul sursei.

Puterea stației de pompare va fi mai mică în acest caz decât în primul, deoarece:

$$QH > Q_1H_1 + Q_2H_2 + Q_3H_3$$

în care:

Q_1, Q_2 și Q_3 reprezintă debitul fiecărui canal;

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$, fără a lua în considerație pierderile;

H – înălțimea manometrică din prima variantă;

H_1, H_2, H_3 – înălțimea manometrică de ridicat apa pentru fiecare canal.

– **Variantele a treia și a patra** (fig. 3.15 c, d).

Aceste două variante se deosebesc în fond puțin una de cealaltă.

În ambele cazuri, suprafața irigabilă este împărțită în zone alimentate fiecare separat de către un canal, care primește apa ridicată de stații de pompare diferite (stații zonale) – fig. 3.15.d, sau de la o singură stație mare, care trimite apa la fiecare canal prin câte o conductă diferită (fig. 3.15.c).

Alegerea uneia sau a celeilalte din aceste variante de alimentare depinde în special de relieful terenului, care determină: lungimea conductelor de refulare, înălțimea de refulare și lungimea canalelor principale.

Dacă unitatea de irigat are o pantă bruscă, va fi mai indicată soluția din fig. 3.15.c.

– **Varianta a cincea** (fig. 3.15.e) se aplică în următoarea situație: dacă relieful terenului prezintă o pantă concentrată (bruscă); dacă suprafața irigabilă nu este prea mare și dacă debitul de irigat este bine coordonat pe graficul hidromodulului, pentru a nu produce vârfuri sau depresiuni în sarcina agregatului. În acest caz ridicarea apei se face de către o singură stație de pompare care, printr-o singură linie de refulare, o distribuie între canalele zonale.

Reglarea funcționării pompei se face prin schimbarea numărului de rotații sau prin închiderea parțială a vanei, aceasta, bineînțeles, în limitele randamentului admisibil.

2) Calculul economic al ridicării apei în raport cu amplasarea agregatelor la diferite înălțimi

Fiecare din schemele de alimentare expuse mai sus au avantajele și dezavantajele lor. Varianta aleasă va fi aceea care din punct de vedere tehnic și economic va oferi maximum de avantaje. Problema este destul de anevoioasă și pentru ușurința calculului se dau următoarele indicații:

– puterea totală minimă este, în general, mai mică în cazul când se aleg agregate ce ridică apa pe zone, decât atunci când ridicarea ei se face integral la înălțimea maximă (H), pentru a o distribui de acolo, pe cale gravitațională, pe întreaga suprafață de irigat.

Aceasta deoarece:

$$QH > \sum Q_i H_i \quad (3.259)$$

în care:

Q_i este debitul parțial pentru fiecare zonă;

H_i – înălțimea de ridicare parțială, corespunzătoare debitelor $Q_1, Q_2, Q_3 \dots$;

$$Q = \sum Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots$$

Dacă se presupune că suprafața irigabilă, în pantă, este împărțită în trei zone egale (fig. 3.16) și că stația de jos (N_1) ridică debitul $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ la înălțimea H_1 , că stația (N_2) ridică debitul $(Q_2 + Q_3)$ la înălțimea $(H_2 - H_1)$ și că stația (N_3) ridică debitul (Q_3) la înălțimea $(H - H_2)$, puterea instalației de pompare va fi:

– dacă apa este integral ridicată la înălțimea maximă (H):

$$P = \frac{\gamma Q H}{75 \eta} \quad (3.260)$$

– dacă apa este ridicată pe zone ca în fig. 3.16:

$$P_t = \frac{2}{3} P = \frac{2}{3} \cdot \frac{\gamma Q H}{75 \eta} \quad (3.261)$$

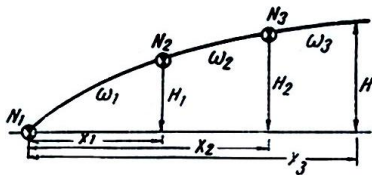


Fig. 3.16. Schema reliefului cu pantă continuă, împărțită în trei zone de irigat

Această reducere de putere cu 33% este valabilă în cazul când $H_1 = 0,5H$, $H_2 = 0,33H$, adică pentru terenuri cu panta continuă; aceasta se vede din calculul ce urmează (cazul I).

La fel, reducerea puterii totale se poate observa și în cazul ridicării pe zone la terenurile cu relief de formă teoretic convexă, concavă și neregulată (cazul al II-lea, cazul al III-lea și cazul al IV-lea).

– **Cazul I** (fig. 3.16)

Dacă panta terenului este continuă-lină, puterea totală se determină prin calculul de mai jos.

La suprafețe egale $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3$ rezultă că:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q/3 \quad (3.262)$$

$$H_1 = 0,5H, H_2 = 0,33H \text{ sau } H_1 = 1/2H, H_2 = 1/3H \quad (3.263)$$

deci:

$$H_1 = 1/3H \quad (3.264)$$

și

$$H_2 = 2/3H \quad (3.265)$$

Puterea totală la cele trei stații de pompare este:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 \quad (3.266)$$

iar

$$P_t = \frac{QH_1}{75 \eta} = \frac{1}{75 \eta} \cdot \frac{1}{3} QH \quad (3.267)$$

$$P_2 = \frac{1}{75 \eta} (Q_2 + Q_3) (H_2 - H_1) =$$

$$= \frac{1}{75 \eta} (Q_2 + Q_3) \left(\frac{2}{3} H - \frac{1}{3} H \right)$$

Efectuând operațiile se obține:

$$P_2 = \frac{1}{75 \eta} (Q_2 + Q_3) \frac{1}{3} H =$$

$$= \frac{1}{75 \eta} \cdot \frac{1}{3} H (Q_2 + Q_3) \quad (3.268)$$

$$P_3 = \frac{1}{75 \eta} Q_3 (H - H_2) = \frac{1}{75 \eta} \cdot \frac{1}{3} H Q_3 \quad (3.269)$$

Înlocuind valorile lui P_1, P_2 și P_3 în (3.266) găsim valoarea lui P_t :

$$P_t = \frac{1}{75 \eta} \cdot \frac{1}{3} QH +$$

$$+ \frac{1}{75 \eta} \cdot \frac{1}{3} H (Q_2 + Q_3) + \frac{1}{75 \eta} \cdot \frac{1}{3} H Q_3$$

Dând factor comun pe $\frac{1}{75 \eta} \cdot \frac{1}{3} H$ se obține:

$$P_t = \frac{1}{75 \eta} \cdot \frac{1}{3} H (Q + Q_2 + Q_3 + Q_3)$$

Dar, deoarece:

$$Q_2 + Q_3 + Q_3 = Q$$

iar

$$(Q + Q_2 + Q_3 + Q_3) = 2Q$$

$$P_t = \frac{1}{75 \eta} \cdot \frac{1}{3} H \cdot 2Q \quad (3.270)$$

sau

$$P_t = \frac{2}{3} \cdot \frac{QH}{75 \eta} \quad (3.271)$$

S-a demonstrat prin calculul de mai sus că puterea totală P_t de ridicare a debitului Q pe zone se reduce cu 33% în cazul unui teren cu pantă continuă.

– **Cazul al II-lea** (fig. 3.17.a)

Dacă panta terenului are forma convexă, care poate fi asimilată cu o parabolă ($y^2 = 2px$), valoarea lui P_t se află deducând mai întâi relația între H_1, H_2 și H_3 ¹⁾ astfel:

Dacă $y^2 = 2px$, atunci $y = \pm \sqrt{2px}$ și pentru că $y = -\sqrt{2px}$ nu are sens în calculul acesta, se va admite pentru y numai valoarea $y = +\sqrt{2px}$. Dând lui x diferite valori x_1, x_2, x_3 , astfel ca $x_2 = 2x_1$ și $x_3 = 3x_1$, se deduc pentru y valorile $y_1 = +\sqrt{2px_1}$; $y_2 = +\sqrt{2px_2}$ și $y_3 = +\sqrt{2px_3}$ și înlocuind x_2 și x_3 în funcție de x_1 , re-

¹⁾ În fig. 3.18 s-a notat cu H pentru generalizare

zultă: $y_1 = +\sqrt{2px_1}$; $y_2 = +\sqrt{2p2x_1}$; $y_3 = +\sqrt{2p3x_1}$.

Dacă se face raportul între y_1 și y_2 se găsește:

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{\sqrt{2px_1}}{\sqrt{2p2x_1}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = 0,707 \quad (3.272)$$

și cum $\frac{y_1}{y_2} = \frac{H_1}{H_2}$, se poate scrie că

$$\frac{H_1}{H_2} = 0,707 \quad (3.273)$$

Făcând raportul între:

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{H_1}{H_3} = \frac{\sqrt{2px_1}}{\sqrt{2p3x_1}} = \sqrt{\frac{1}{3}} = 0,575 \quad (3.274)$$

rezultă că:

$$H_1 = 0,707 H_2 = 0,575 H_3 \quad (3.275)$$

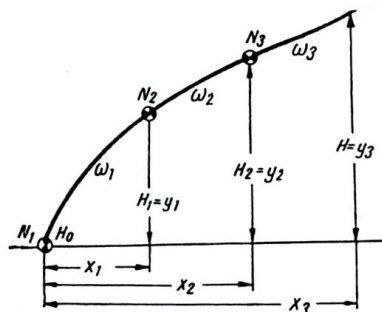


Fig. 3.17.a. Schema reliefului de formă convexă, împărțit în trei zone de irigație

Din rezultatele obținute se conchide că valorile raporturilor y_1/y_2 și y_1/y_3 , respectiv H_1/H_2 și H_1/H_3 , rămân acelea obținute pentru oricare valori ale lui x_1 , x_2 , x_3 care satisfac condiția pusă, și anume: $x_2 = 2x_1$ și $x_3 = 3x_1$ sau $x_1 = (x_2 - x_1) = (x_3 - x_2) = (x_3 - 2x_1)$.

Cele arătate mai sus sunt valabile pentru oricare valori ale parametrului p , deoarece el intervine ca factor.

Pentru a determina valoarea P_t necesară pentru ridicarea apei la diferitele înălțimi H_1 , H_2 , H și pentru a arăta că această valoare este mai mică decât puterea totală (P) necesară pentru ridicarea întregului debit de apă la înălțimea maximă (H), pentru același teren cu pantă convexă (v. fig. 3.17.a) se procedează astfel:

S-a văzut că la o formă convexă a terenului, care poate fi asimilată cu o parabolă de forma $y^2 = 2px$, relația dintre H_1 , H_2 și H este $H_1 = 0,707 H_2 = 0,575 H$ și $H_2 = 0,8H$.

Presupunând că stațiile de pompare nr. 1, nr. 2, nr. 3 sunt așezate la cotele H_0 , H_1 și H_2 și notând cu:

ω_1 suprafața cuprinsă între cotele H_0 și H_1

ω_2 suprafața cuprinsă între cotele H_1 și H_2

ω_3 suprafața cuprinsă între cotele H_2 și H

Q_1 este debitul necesar pentru ω_1

Q_2 este debitul necesar pentru ω_2

Q_3 este debitul necesar pentru ω_3

$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3$ și, în sfârșit, $Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$, atunci puterile celor trei stații de pompare notate cu P_1 , P_2 , P_3 sunt:

$$P_1 = \frac{1}{75\eta} (Q_1 + Q_2 + Q_3) H_1$$

Înlocuind pe H_1 cu $0,575H$ se obține:

$$P_1 = \frac{1}{75\eta} (Q_1 + Q_2 + Q_3) H \quad (3.276)$$

$$P_2 = \frac{1}{75\eta} (Q_2 + Q_3) (H_2 + H_3)$$

Înlocuind pe H_1 cu $0,575H$ și pe $H_2 = 0,8H$ se obține:

$$P_2 = \frac{1}{75\eta} (Q_2 + Q_3) (0,8H - 0,575H)$$

$$P_2 = \frac{0,225}{75\eta} (Q_2 + Q_3) H \quad (3.277)$$

$$P_3 = \frac{1}{75\eta} Q_3 (H - H_2)$$

Înlocuind pe H_2 cu $0,8H$ se obține:

$$P_3 = \frac{1}{75\eta} Q_3 (H - 0,8H)$$

adică

$$P_3 = \frac{0,2}{75\eta} Q_3 H \quad (3.278)$$

Adunând $P_1 + P_2 + P_3$ se găsește valoarea P_t dată de relația:

$$P_t = \frac{0,575}{75\eta} (Q_1 + Q_2 + Q_3) H + \frac{0,225}{75\eta} (Q_2 + Q_3) H + \frac{0,2}{75\eta} Q_3 H$$

Dând factor comun pe $H/75\eta$ se obține:

$$P_t = \frac{H}{75\eta} [0,575(Q_1 + Q_2 + Q_3) + 0,225(Q_2 + Q_3) + 0,2Q_3]$$

Efectuând operațiile din paranteză:

$$P_t = \frac{H}{75\eta} [0,575Q_1 + 0,575Q_2 + 0,575Q_3 + 0,225Q_2 + 0,225Q_3 + 0,2Q_3]$$

și rezultă:

$$P_t = \frac{H}{75\eta} [0,575Q_1 + 0,8Q_2 + Q_3] \quad (3.279)$$

Forma la care s-a ajuns este suficientă pentru a conchide că pomparea apei pe zone este mai economică decât pomparea integrală până la cota H .

În cazul când tot debitul $Q_1 + Q_2 + Q_3$ ar fi trimis de o singură stație de pompare la cota H , valoarea lui P_t (notată în acest caz cu N) este:

$$N = \frac{H}{75\eta} (Q_1 + Q_2 + Q_3) H \quad (3.280)$$

Comparând cele două relații obținute, se vede clar că $P_t < N$.

Un calcul analog ne poate demonstra același lucru și în cazul unui teren cu pantă concavă.

– **Cazul al III-lea** (fig. 3.17.b)

Dacă panta terenului are o formă concavă (fig. 3.17.b) care se poate asimila cu o parabolă de forma $y^{1/2} - 2px = 0$, se poate demonstra, la fel, că puterea totală P_t necesară pentru ridicarea apei pe zone este mai mică decât puterea totală (N) necesară pentru ridicarea apei la înălțimea maximă y_3 .

Este suficient însă de a arăta numai relațiile dintre cotele de așezare a stațiilor de pompare, pentru că concluziile trase sunt asemănătoare cu cele de la cazul al II-lea.

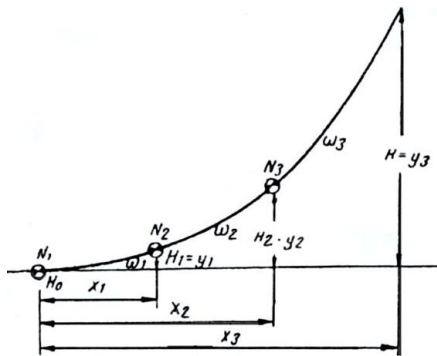


Fig. 3.17.b. Schema reliefului de formă concavă, împărțit în trei zone de irigat

Se caută relația între y_1, y_2, y_3 care se reprezintă, ca și în cazul al II-lea, prin înlocuirea cu H_1, H_2 și H .

Relația primă se poate scrie ca în (3.281).

$$y^{1/2} = 2px \quad (3.281)$$

care, ridicat la pătrat, dă

$$y = cx^2 \quad (3.282)$$

în care $c = (2p)^2$

Dând lui x valorile x_1, x_2, x_3 , valorile care satisfac aceeași condiție ca și în cazul al II-lea, adică $x_2 = 2x_1$ și $x_3 = 3x_1$, pentru care y devine $y_1 = cx_1^2$ și $y_2 = cx_2^2$, iar $y_3 = cx_3^2$ și înlocuind pe x_2 și x_3 în funcție de x_1 , găsim:

$$y_1 = cx_1^2; y_2 = c(2x_1)^2; y_3 = c(3x_1)^2$$

Făcând raporturile:

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{H_1}{H_2}$$

și

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{H_1}{H}$$

se găsește:

$$\frac{y_1}{y_2} = \frac{H_1}{H_2} = \frac{cx_1^2}{c(2x_1)^2} = \frac{1}{4} = 0,25 \quad (3.283)$$

iar

$$\frac{y_1}{y_3} = \frac{H_1}{H_3} = \frac{cx_1^2}{c(3x_1)^2} = \frac{1}{9} = 0,11 \quad (3.284)$$

S-a găsit deci că:

$$\frac{H_1}{H_2} = 0,25, \text{ deci } H_1 = 0,25H_2$$

și că

$$\frac{H_1}{H} = 0,11, \text{ deci } H_1 = 0,11 H.$$

sau

$$H_1 = 0,25 H_2 = 0,11 H.$$

Concluziile scoase în cazul al II-lea asupra puterilor totale P_t și N sunt valabile și în acest caz.

– **Cazul al IV-lea** (fig. 3.18)

Dacă terenul prezintă o configurație complexă, cum este de cele mai multe ori cazul în realitate (exemplu în Podișul Moldovei sau Dobrogei), puterea totală P_t necesară pentru ridicarea apei pe zone se află prin relația (3.285):

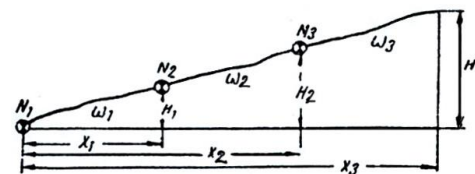


Fig. 3.18. Schema reliefului cu configurație complexă

$$P_t = K [\omega H_1 + (\omega_2 + \omega_3) (H_2 - H_1) + \omega_3 (H - H_2)] \quad (3.285)$$

în care:

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$ reprezintă suprafețele zonelor irigabile;

$\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3$ – suprafața totală efectiv irigabilă;

H_1, H_2, H – cotele la care trebuie ridicată apa;

$K = \lambda/75\eta$, iar λ – valoarea hidromodulului sau a debitului specific, în l/s.ha.

La relația (3.285) se ajunge în felul următor: dacă se notează cu P_t puterea totală a celor 3 stații de pompare: $P_t = P_1 + P_2 + P_3$, iar P_1, P_2 și P_3 au valorile:

$$P_1 = \frac{1}{75\eta} QH_1$$

în care Q este debitul total necesar întregii suprafețe egal cu $\lambda\omega$ și înlocuind în (3.286) devine:

$$P_1 = \frac{\lambda}{75\eta} \omega H_1 \quad (3.286)$$

$$P_2 = (Q_2 + Q_3) (H_2 - H_1), \quad (3.287)$$

în care $Q_2 + Q_3$ reprezintă debitul necesar pentru suprafețele ω_2 , respectiv ω_3 , în care se poate scrie:

$$Q_2 = \lambda\omega_2$$

$$Q_3 = \lambda\omega_3$$

Înlocuind pe Q_2 și Q_3 cu valorile lor se obține:

$$P_2 = \frac{1}{75\eta} (\omega_2 + \lambda\omega_3) (H_2 - H_1) \quad (3.288)$$

și dând factor comun pe λ în (3.288), devine:

$$P_2 = \frac{\lambda}{75\eta} (\omega_2 + \omega_3) (H_2 - H_1) \quad (3.289)$$

$$P_3 = \frac{1}{75\eta} Q_3 (H - H_2) \quad (3.290)$$

în care $Q_3 = \lambda\omega_3$, care înlocuită în (3.290) devine:

$$P_3 = \frac{\lambda}{75\eta} \omega_3 (H - H_2) \quad (3.291)$$

Puterea totală P_t va fi:

$$P_t = \frac{\lambda}{75\eta} \omega H_1 + \frac{\lambda}{75\eta} (\omega_2 + \omega_3) (H_2 - H_1) + \omega_3 (H - H_2) \quad (3.292)$$

Dând pe $\frac{\lambda}{75\eta}$ factor comun în (3.292), relația devine:

$$P_t = \frac{\lambda}{75\eta} [\omega H_1 + (\omega_2 + \omega_3) (H_2 - H_1) + \omega_3 (H - H_2)] \quad (3.293)$$

și notând pe $\frac{\lambda}{75\eta} \eta$ prin K , relația (3.293) devine:

$P_t = K [\omega H_1 + (\omega_2 + \omega_3) (H_2 - H_1) + \omega_3 (H - H_2)]$ adică s-a găsit tocmai relația (3.285) care trebuia demonstrată.

Relația găsită (3.285) nu satisface însă, pentru că nu se știe pentru care valori ale lui H_1 și H_2 puterea totală P_t este minimă.

Pentru a afla acest lucru se procedează astfel: relația (3.285) se mai poate scrie, dezvoltând paranteza:

$$P_t = K (\omega H_1 + \omega_2 H_2 - \omega_2 H_1 + \omega_3 H_2 - \omega_3 H_1 + \omega_3 H - \omega_3 H_2)$$

Reducând termenii asemenea de semn contrar se găsește:

$$P_t = K (\omega H_1 + \omega_2 H_2 - \omega_2 H_1 - \omega_3 H_1 + \omega_3 H) \quad (3.294)$$

Scriind primul termen din paranteză

$$\omega H_1 = \omega_1 H_1 + \omega_2 + \omega_3 H_1$$

deoarece $\omega = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3$, relația (3.249) devine:

$$P_t = K (\omega_1 H_1 + \omega_2 H_1 + \omega_3 H_1 + \omega_2 H_2 - \omega_2 H_1 - \omega_3 H_1 + \omega_3 H) \quad (3.295)$$

și făcând reducerile respective în (3.295) se deduce:

$$P_t = K (\omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H) \quad (3.296)$$

Se vede deci că mărimea lui P_t este în funcție de H_1 și H_2 , adică de cotele la care se așează stațiile de pompare nr. 2 și 3, deoarece K și H sunt constante (H fiind cota maximă până la care se poate ridica apa, adică la care se irigă).

Trebuie să se găsească deci o relație în care să apară evident valoarea lui P_t minimă. Pentru aceasta se

face următorul artificiu:

$$\omega H_1 = \omega_1 H + \omega_2 H + \omega_3 H$$

iar

$$H = H_1 + (H_2 - H_1) + (H - H_2)$$

sau

$$H = H_1 + (H - H_2)$$

și înlocuind pe H în relația lui ωH se găsește:

$$\omega H = \omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H + \omega_1 (H_2 - H_1) + \omega_1 (H - H_2) + \omega_2 (H - H_2).$$

Se dă factor comun $(H - H_2)$ între ultimii doi termeni și se obține:

$$\omega H = \omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H + \omega_1 (H_2 - H_1) + (\omega_1 + \omega_2) (H - H_2) \quad (3.297)$$

Din relația (2-51) se poate scoate valoarea termenilor $\omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H$

$$\omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H = \omega H - [\omega_1 (H_2 - H_1) + (\omega_1 + \omega_2) (H - H_2)] \quad (3.298)$$

Membrul întâi reprezintă tocmai valoarea parantezei din relația (3.296) a puterii

$$P_t = K (\omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H).$$

Înlocuind în relația (3.296) valoarea găsită în (3.298) devine:

$$P_t = K \{ \omega H - [\omega_1 (H_2 - H_1) + (\omega_1 + \omega_2) (H - H_2)] \} \quad (3.299)$$

Deci (3.299) este relația care se caută pentru determinarea puterii totale minime; puterea totală va fi minimă în acel caz în care expresia cuprinsă în al doilea rând de paranteze mari va avea o valoare maximă, deoarece ωH este valoarea dată.

Valoarea maximă a expresiei indicate se află în felul următor:

- se determină (prin planimetrare) mărimile suprafețelor utile pentru irigații dirijate de curbele de nivel ale căror cote încep de la H și mai jos, adică suprafețele dirijate de curbele de nivel; H , $(H - 1)$, $(H - 2)$, $(H - 3)$... $(H - n)$ și se întocmește un tabel cu acestea;
- cunoscând suprafețele de dirijare și luând diferite valori pentru H_2 și H_1 se obțin valorile produselor $(\omega_1 + \omega_2) (H - H_2)$ și $\omega_1 (H_2 - H_1)$ și se totalizează;
- valoarea maximă a sumei obținute va determina cotele H_2 și H_1 care dau minimul de putere totală a stațiilor de pompare zonale.

Cotele astfel obținute (H_2 și H_1) nu sunt definitive, deoarece alegerea locurilor de amplasare a stațiilor nu depinde numai de putere, ci și de alte condiții. Locul ales trebuie să corespundă poziției suprafețelor agricole și să asigure: minimul de lungime și deci de cost al conductelor de aspirație și refulare; condițiile geotehnice necesare pentru construirea stației și instalarea agregatelor; amplasarea corespunzătoare a instalațiilor de priză. Traseul canalului principal este legat și de locul de amplasare a stației de pompare; de aceea, amplasamentul trebuie astfel ales, încât canalul princi-

pal să atingă cote din care să se poată obține cele mai mari suprafețe dirijate utile pentru irigație, la o unitate a înălțimii de ridicare.

Pentru determinarea acestui traseu trebuie întocmite graficele suprafețelor apte pentru irigație, dirijate de diferitele curbe de nivel.

3.3.3. REDUCEREA CONSUMULUI DE ENERGIE PRIN OPTIMIZAREA POMPĂRII APEI ÎN PLOTUL DE IRIGAȚIE

Adoptând soluția structurii de irigație din fig. 3.19 a, b și a aripii de udare din fig. 3.20 și 3.21, colectivul de specialiști de la instalații de pompare (prof. Ovidiu Alexandrescu și prof. Ștefan Popescu) a optimizat (în 1987) „pomparea apei în plot”, inclusiv a consumului de energie după cum urmează:

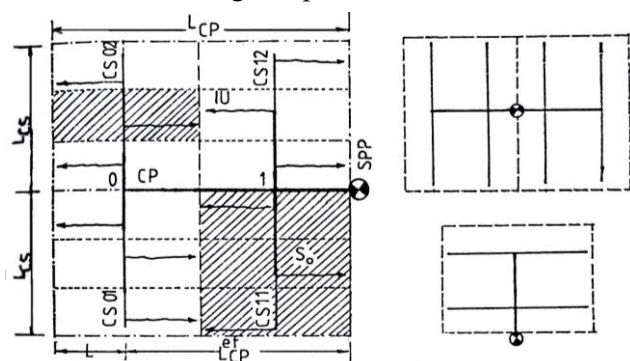


Fig. 3.19. a, b. Schema de principiu a unui SPP:
a) structură generală; b) scheme uzuale: SPP cu o rețea ($k = 1$)
și SPP cu două rețele ($k = 2$)

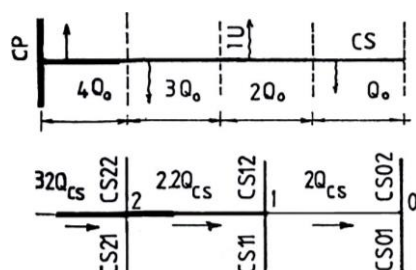


Fig. 3.20. Tronsoane cu caracteristici de dimensionare diferite pe rețea

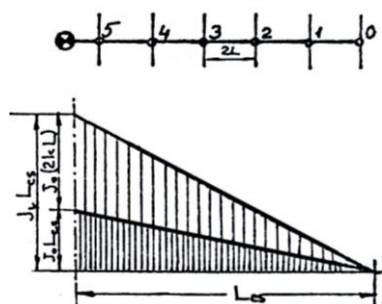


Fig. 3.21. Sarcina în originea CS din nodurile $i \neq 0$

Plotul de irigații prin aspersiune cu conducte sub presiune echipează o suprafață S (ha), dată, pe care trebuie administrată anual o normă medie de irigație M_0 (m^3/ha), astfel încât: să se asigure transportul debitului specific continuu din luna de vârf – q_v (l/s.ha); intensitatea medie a ploii realizate – i_n (mm/oră), să nu depășească viteza de infiltrație a apei în sol (V_f); finețea picăturilor să corespundă unui coeficient $K_p = d_0/H_0$ – admis de complexul plantă-sol servit, iar distanța dintre aspersoare pe aripă (l_{as}) să asigure, în funcție de viteză medie a vântului dominant și schema de udare adoptată, o uniformitate (α) acceptabilă.

Pentru a realiza această funcție, plotul este constituit în principiu din trei componente de bază:

- stația de punere sub presiune (SPP);
- rețeaua fixă de conducte pentru transportul apei (R);
- instalațiile de udare (I), în cele mai multe cazuri aripi de aspersiune transportabile.

Abordarea problemelor ridicate de plotul de irigații prin aspersiune într-o concepție sistemică unitară permite stabilirea legăturilor dintre parametrii constructivi, cei funcționali, consumurile de energie pentru pomparea apei și cheltuielile generate de realizarea, întreținerea și exploatarea acestuia, legături care înlesnesc atât optimizarea structurii ansamblului SPP – rețea – instalații de udare, cât și raționalizarea regimurilor de funcționare a acestuia.

1° Optimizarea structurii plotului de irigații prin aspersiune

Problema de optimizare a structurii constă în găsirea matricelor de structură asociate, respectiv instalatiei de udare și rețelei:

$$I = \{d_0, l_{as}, D_{ar}, L\}, \quad R = \{S, L, D_{am}, n\} \quad (3.300)$$

precum și vectorului parametrilor de dimensionare a stației de pompare sub presiune:

$$S = \{Q_d, H_d\}, \text{ cu } Q_d = Q(I, R) \text{ și } H_d = (I, R) \quad (3.301)$$

astfel încât să se asigure minimizarea funcției economice Z care, raportată la unitatea de suprafață amenajată, include atât cheltuielile anuale directe și indirecte (A), cât și termenul relativ la recuperarea investiției (I/T_r), $Z = A + I/T_r$, în condițiile respectării restricțiilor de ordin funcțional:

$$i_n \leq v_f; \quad k_p \leq k_{ps}; \quad \alpha \leq \alpha_0 \quad (3.302)$$

Întrucât funcția Z poate fi pusă sub forma:

$$Z = Z_i(I) + Z_r(R),$$

cu Z_i influențat slab de lungimea aripii L , rezultă că:

$$\min Z = \min Z_i(I) + \min Z_r(R) \quad (3.303)$$

deci procesul de optimizare structurală a ansamblului se reduce la optimizarea instalației de udare, care va determina și sarcina optimă necesară pe aspersor și opti-

mizarea rețelei fixe, din care va rezulta și sarcina necesară pentru transportul apei în rețea.

În definirea legăturilor menționate mai sus, s-au folosit relațiile clasice din domeniul instalații de pompare – rețele de transport sub presiune, avându-se în vedere următoarele:

- matricea de structură a instalației de udare și sarcina pe aspersor corespund minimului funcției $Z_i(I)$;
- plotul de irigații analizat are o formă rectangulară regulată, caracterizată prin factorul de formă f :

$$f = L_{CS}/L_{CP}$$

și se amenajează pe un teren cvasiplan cu SPP în originea conductei principale, pe mijlocul uneia din laturi;

- ori de câte ori infrastructura sistemului de irigații permite, SPP va fi situată în centrul unei suprafețe obținute prin alipirea a două ploturi identice;

- în cadrul plotului analizat pot funcționa simultan un număr dat de instalații de udare identice, repartizate cvasi-uniform în rețea;

- corespunzător repartiției uniforme a instalațiilor de udare active în rețea, elementele acesteia se dimensionează „telescopic” astfel încât, de-a lungul traseului ce determină cota piezometrică necesară la SPP (traseu „de dimensionare”) să se realizeze o pantă piezometrică medie (I_0), constantă pentru toate elementele sale;

- în cazul ploturilor de irigații amenajate pe terenuri cvasiplane, traseul de dimensionare este constituit de conducta principală și una din ultimele două antene (situate în nodul $K = 0$);

- antenele situate în celelalte noduri ale CP ($K = 1, 2, \dots, n/2-1$) se dimensionează telescopic astfel încât, pe tronsoanele $j = 1, 2, \dots, n$ ale acestora, să se obțină o pantă medie $I_k > I_0$, care, valorificând sporul de sarcină generat de nodurile respective (față de ultimul nod) de pierderile de sarcină pe CP, permite o reducere a diametrelor și, pe această cale, o micșorare a investiției în rețea;

- lanțul de diametre normalizate folosit pe rețea se determină în funcție de suprafața servită de fiecare tronson și debitul specific continuu de vârf, începând cu diametrul primului tronson al ultimei antene (antena „de dimensionare”), diametru care, determinându-le pe toate celelalte, constituie componenta de bază în matricea de structură a rețelei;

- pentru caracterizarea geometriei în plan a plotului cu SPP pe mijlocul unei laturi, se acceptă lungimea de udare a aripii (L) și numărul de antene pe CP, mărimi care, pentru o suprafață dată (S), le determină pe celelalte (L_{am} , L_{CP});

- atât diametrele cât și lungimile caracteristice luate în considerare au valori normalizate în practica proiectării.

În aceste condiții pentru rețeaua fixă, funcția

economică supusă minimizării (Z_r) poate fi exprimată sub forma utilă prelucrărilor ulterioare:

$$Z_r(R) = L \left[\frac{M_1 D^{1,05} n^{1,54}}{S} + \frac{M_4 S^2}{D^5 n^{1,03}} \right] + \frac{1}{L} \left[M_2 D^{1,05} + \frac{M_3 S^3}{n^3 D^5} \right] \quad (3.304)$$

în care:

$M_1 \dots M_4$ sunt coeficienți adimensionali ce conțin și constantele de transformare, dependenți de o serie de caracteristici economice (cota medie ponderată a amortismentelor, reparațiilor capitale și întreținerii curente, investiția specifică medie în SPP, prețul mediu al energiei consumate, durata medie de funcționare anuală și cota medie a cheltuielilor pentru retribuția personalului de exploatare)

D – diametrul de referință (D menționat anterior)

S – suprafața plotului analizat

n – numărul de antene.

Introducând în (3.304) valoarea (L_0) obținută din condiții $\delta Z_r / \delta L = 0$, funcția $Z_r(S, D, n, L_0)$ ia forma:

$$Z_r^{(L_0)} = 2 \sqrt{\left(\frac{M_1 D^{1,05} n^{1,54}}{S} + \frac{M_4 S^2}{D^5 n^{1,03}} \right) \left(M_2 D^{1,05} + \frac{M_3 S^3}{D^5 n^3} \right)} \quad (3.305)$$

astfel încât din condiția $\delta Z_r^{(L_0)} / \delta S = 0$, în urma câtorva transformări simple, se ajunge la definirea suprafeței optime a plotului rectangular

$$S_o^{L_0} = 0,0055 \frac{n^{0,9} D^{2,02}}{q} \cdot \left[\frac{\frac{a}{\lambda} \left(a_r + \frac{1}{T_r} \right) \eta_p}{\left(a_s + \frac{1}{T_r} \right) i_p + 3,06 \frac{M_o}{\eta_u \cdot q} (1 + K_{se}) p_e} \right]^{1/3} \quad (3.306)$$

În mod analog, folosind relațiile (3.305) și (3.306) se demonstrează că funcția economică asociată plotului cu matricea de structură $\{S_0, L_0, D, n\}$ este o funcție crescătoare în raport cu (n), fiind în același timp, practic, independentă față de (D).

Pentru celelalte mărimi caracteristice rețelei și SPP, rezultă relații de forma:

- Lungimea aripii de udare:

$$L = \frac{M}{\sqrt{q}} \cdot K^{1/6} \cdot \frac{D}{n^{0,35}};$$

- Lungimea servită de CP:

$$L_{CP} = n L;$$

- Lungimea efectivă a CP:

$$L_{CP}^{ef} = (n - 1) L;$$

- Lungimea relativă a antenei (factorul de formă al plotului):

$$f = \frac{L_{an}}{L_{CP}} \cong \frac{0,71}{n^{0,4}};$$

– Panta piezometrică medie optimă:

$$I_0 = 8,26 \cdot 10^7 \cdot \frac{\lambda}{D^5} \cdot \left(\frac{S}{n}\right)^2 \cdot q^2;$$

– Sarcina necesară pentru transportul apei în rețea:

$$H_t = 1,13 \cdot 10^{10} \cdot \frac{\lambda}{D^5} \cdot \frac{s^{2,5}}{n^{1,9}} \cdot q^2;$$

– Investiția specifică în rețea:

$$I_R^1 = \frac{1200a}{K^{0,174}} \cdot n^{0,35} \sqrt{q} \text{ (lei/ha)};$$

– Cheltuieli anuale specifice:

$$Z_R^1 = 1716 K_1^{5/6} \cdot K_2^{1/6} \cdot n^{0,52} \cdot q \text{ (lei/ha.an)};$$

– Consumul specific mediu anual de energie pentru transportul apei în rețea:

$$E_t^1 = 3,1 \cdot 10^{11} \cdot \frac{\lambda \cdot M_0}{\eta_u \eta_p D^5} \cdot \frac{S^{2,5}}{n^{1,9}} \cdot q^2;$$

În aceste relații:

$$K_1 = \frac{a}{a_K + \frac{1}{T_r}}$$

$$K_2 = \frac{\lambda}{\eta_p} \left[\left(a_s + \frac{1}{T_r} \right) i_p + 3,06 \frac{M_0}{\eta_u \cdot q} (1 + K_{se}) p_e \right]$$

$$K = k_1/k_2.$$

Pe baza acestor relații, corespunzător condițiilor concrete ale suprafeței amenajabile și valorilor caracteristicilor economice implicate în analiză, se trasează diagrama ploturilor optime care permite obținerea unei imagini de ansamblu asupra corelării necesare dintre S , n și D în vederea minimizării funcției economice Z_r . De asemenea diagrama indică, pentru fiecare caz determinat, mărimea investiției specifice în rețea, cheltuielile medii anuale totale, consumul specific mediu anual de energie pentru transportul apei în rețea, precum și lungimea relativă a antenelor.

Pentru exemplificare, în cazul $M_0 = 300$ mm ($3000 \text{ m}^3/\text{ha}$); $a_R = 0,06$; $a_s = 0,095$; $T_r = 10$ ani; $K_{se} = 0,1$; $p_e = 0,4$; rezultă $k_1 = 211,2$; $k_2 = 4,985$.

Funcția economică asociată instalațiilor de udare $Z_i(I)$ se determină exprimând cheltuielile anuale medii generate de instalațiile de udare și poate fi adusă la forma (3.307):

$$Z_i(I) = A \frac{q}{\eta_u \cdot \eta_l} \left(\frac{H_0}{\eta_{np}} + \frac{B}{K_p^2 H_0^{2,5}} \right) \quad (3.307)$$

în care:

A și B sunt coeficienți numerici determinați corespunzător tehnicii de udare folosite și particularităților factorilor economici implicați în analiză,

$K_p = d_0/H_0$ reprezintă coeficientul de finețe al picăturilor,

H_0 – sarcina pe aspersor.

Obiectivul optimizării instalației de udare constă în minimizarea funcției economice Z_i : $Z_i/H_0 = 0$, în condițiile respectării restricțiilor (3.307) puse sub forma:

$$\frac{11,88 d_0^2 \sqrt{H_0}}{l_{as}^2} \leq v_f;$$

$$\frac{d_0}{H_0} \leq K_{p0};$$

$$\frac{l_{as}}{2R_0(1 + 0,1d_0 + 0,01H_0)} \leq \alpha_0$$

Minimul condiționat al cheltuielilor anuale de funcționare a aspersoarelor rezultă de obicei pentru intensități de ploaie și coeficienți de pulverizare având valori spre limitele superioare admise de complexul sol-plantă servit, în condițiile respectării distanței dintre aspersoare.

2° Raționalizarea regimurilor de funcționare ale plotului de irigații prin aspersiune

Regimurile de funcționare ale unui plot de irigații sunt concretizate în realizarea, pe instalațiile de udare active în rețea, a unui anumit vector „ieșire”:

$$0 = \{i_n, K_p, \bar{\alpha}\}, \text{ determinat de:}$$

– combinația de pompe ce lucrează în paralel în SPP (γ_p);

– numărul de instalații de udare aflate în funcțiune (n_a);

– distribuția acestora în rețea $v_R(n_a)$, ansamblul de factori ce determină în originea rețelei, la SPP, un debit Q și o sarcină H , asigurate printr-un consum de energie pentru pompare N , astfel încât randamentul global al pompării este η_p .

În planul (Q, H) , punctul curent de funcționare al ansamblului rezultă la intersecția caracteristicii de sarcină corespunzătoare stării de funcționare (v_p) a SPP cu caracteristica rețelei, asociate stării de funcționare $v_R(n_a)$ a acesteia și va determina un anumit vector de ieșire.

Stația de punere sub presiune prezintă în planul (Q, H) un număr de caracteristici de sarcină egal cu numărul combinațiilor de pompare ce pot lucra în paralel la un moment dat.

Ansamblul rețea-instalații de udare prezintă câte o caracteristică pentru fiecare distribuție posibilă în rețea a celor n_a instalații de udare active la un moment dat.

Intersecțiile celor două funcții de curbe determină mulțimile regimurilor de funcționare posibile, dintre

care doar o parte satisface, prin vectorul de ieșire corespunzător, cerințele de calitate ale complexului sol – plantă servit.

Prin luarea în considerare a acestor cerințe, în funcție de particularitățile tehnicii de udare și ale rețelei fixe, în planul (Q, H) , submulțimea regimurilor de funcționare dezirabile – regimuri raționale în funcționarea ansamblului, se obțin între o caracteristică înfășurătoare limită superioară $(Q \sim H)_{ls}$ și o caracteristică înfășurătoare inferioară $(Q \sim H)_{li}$.

Regimurile de funcționare situate asupra curbei $(Q \sim H)_{ls}$ vor asigura pe hidranții activi sarcini superioare, datorită cărora, în absența reguletoarelor de presiune, instalațiile de udare vor funcționa cu o intensitate a ploii superioară celei prevăzute, distribuind în perioada de staționare normală o cantitate mai mare de apă (în general, necontrolată), printr-un consum suplimentar de energie.

Punctele de funcționare plasate sub curba înfășurătoare limită inferioară $(Q \sim H)_{li}$ determină consumuri de energie mai reduse însă, conducând la sarcini pe hidranții activi inferioare celei nominale, intensitatea ploii este mai mică și se ajunge la o nerealizare a normei de udare prevăzute pentru o staționare, cu consecințe asupra producției agricole.

Caracteristicile rețelei – corespunzător fiecărei configurații de funcționare $v_R(n_a)$, precum și caracteristicile înfășurătoare – exprimări în planul (Q, H) ale cerințelor de calitate a funcționării instalațiilor de udare, se determină prin folosirea unor programe adecvate pentru prelucrarea automată a datelor. Prin folosirea caracteristicilor analitice ale utilajului hidromecanic din SPP, caracteristicile stației de pompare pot fi determinate în aceeași manieră, astfel încât analiza regimurilor de funcționare ale ansamblului SPP – rețea – instalații de udare este facilitată unui program specific care la cerere poate folosi și grafice interactive.

O astfel de analiză evidențiază că regimurile de funcționare raționale (optimale) sunt situate între caracteristicile înfășurătoare $(Q \sim H)_{ls}$ și $(Q \sim H)_{li}$, și nu deasupra orizontalei H , între limitele Z_m și Z_M , cum se acceptă în prezent.

Prin raționalizarea regimurilor de funcționare ale ansamblului SPP-rețea-instalații de udare, se urmărește menținerea acestora în interiorul domeniului limitat de caracteristicile înfășurătoare, astfel încât consumul de energie pentru pompare să fie redus la strictul necesar în vederea obținerii calității de funcționare dorite a instalațiilor de udare.

O astfel de exploatare a plotului de irigații prezintă avantaje multiple:

- se realizează o economie de energie pentru pompare care depășește 30% din consumul generat de funcționarea în sistem clasic (între Z_m și Z_M);

- prin funcționarea instalațiilor de udare la o presiune apropiată de cea nominală, pe durata normată de staționare într-o poziție de udare se administrează un volum de apă care concordă mai bine cu cerințele complexului sol-plantă; în acest mod se evită pierderile de apă în profunzimea solului, asigurându-se și o economie de apă;

- controlul mai riguros al volumelor de apă distribuite înlesnește evitarea scurgerilor sub stratul de sol activ și prevenirea ridicării apei freatiche cu toate consecințele acesteia.

Programele de prelucrare automată a datelor menționate mai sus permit simularea numerică a oricărei situații de exploatare a unui plot de irigații de structură dată, facilitând astfel studiul amănunțit al oricărui regim de lucru, atât în ceea ce privește calitatea de funcționare a instalațiilor de udare (care trebuie corelată cu cerințele complexului sol-plantă servit), cât și în legătură cu parametrii energetici ai SPP.

În cazul terenurilor cvasi-plane, simularea a 8-10 regimuri de funcționare raționale este suficientă pentru întocmirea unor diagrame de funcționare generale, valabile pentru orice punct de funcționare situat în domeniul regimurilor optimale. Această particularitate poate fi exploatată în mod util la întocmirea regulementelor de exploatare sau a programelor adoptate în cazul unei automatizări programabile.

3.3.4. MĂSURI PENTRU ASIGURAREA INDEPENDENȚEI ENERGETICE ÎN EXPLOATAREA SISTEMELOR DE IRIGAȚII. EXEMPLE DE AMENAJĂRI REALIZATE

Tehnica mondială înscrie în domeniul independenței energetice în exploatarea sistemelor de irigații o gamă largă de soluții, cu rezolvări extrem de simple, dar și cu rezolvări extrem de dificile, în scopul final al independenței energetice. Problema este atât de avansată, încât sistemele de irigație concepute inițial ca subordonate energeticii să fie ulterior transformate, devenind chiar producătoare de energie.

În alte situații, chiar din concepția inițială a proiectării au fost destinate și acestui scop (producător de energie) și în plus și cu alte atribuții: alimentare cu apă, piscicultură, turism, agrement, protecția mediului, navigație interioară etc. și toate cu independență energetică.

Tipurile de soluții prin care se urmărește elucidarea acestei probleme vor beneficia de exemplificări concrete din realizările tehnicii mondiale.

Pentru urmărirea acestei vaste probleme s-a considerat util să fie prezentată într-o clasificare, cu o înșiruire începând cu cele mai simple intervenții sau



Fig. 3.22. Amenajarea hidroelectrică și pentru irigații a bazinului hidrotehnic Durance

soluții spre cele mai complexe. Vor fi prezentate astfel exemple de:

- soluții de obținerea independenței energetice prin simpla transformare – modernizare a centrelor de priză. Exemple din Durance-ul inferior;
- soluții de scheme hidrotehnice pentru irigații, de tip gravitațional, cu acumulări frontale dominante și transfer interbazinal. Exemple din b.h. Vakhtota – fosta URSS și S.I. Steagul Roșu – China;
- soluții de scheme hidrotehnice gravitaționale pentru irigații, valorificând apa bazinului hidrografic propriu. Exemple S.I. Canal Provençe – Franța;
- soluții de scheme hidrotehnice complexe gravitaționale pentru irigații și producere de energie, valorificând resursele de apă ale întregului teritoriu amenajabil. Exemple: complexe Plovdiv-Pazargic – Bulgaria;
- soluții de sisteme de irigații cu independență energetică prin interconectarea surselor de apă. Exemple: S.I. Pyongnam și Kiyang – R.P.D. Coreea.

1° Soluții de transformarea centrelor de priză ale sistemelor de irigații din Durance-ul Inferior, pentru a funcționa fără consum de energie electrică

1) Condițiile hidrologice și hidroenergetice în care s-au modernizat centrele de priză pentru irigații

Vechile sisteme de irigații situate de o parte și de alta a râului Durance în sectorul inferior (de la Cadarache spre vărsarea în Rhône), în suprafață de peste 80.000 ha, erau exploatate cu eforturi mari, datorită condițiilor de captarea apei din sursă (râul Durance), ca și datorită unor frecvente inundații în zona joasă.

După o serie de intervenții locale (barări în albie pentru ridicarea nivelului apei, apărări, măsuri comune pentru a facilita amplasarea de mori etc.), s-a adoptat o soluție radicală, care constă în construirea unui canal „industrial”, paralel cu sursa – râul Durance, începând de la Cadarache și cu vărsare în Lacul Berre (pe malul Mării Mediterane), canal care, având pante reduse comparativ cu râul Durance, a permis, prin cotele de dominație câpătate, să alimen-

teze cu apă gravitațional toate sistemele de irigații, fie cu prize pe dreapta sau stânga râului Durance. Soluția amenajării prin priza canalului industrial și a canalelor de irigații, cu CHE și acumulările necesare, din perimetrul interesat (sectorul inferior Durance) ca și din sectoarele superioare, se poate urmări în fig. 3.22. Amenajarea este de tip complex: irigații-alimentări cu apă și hidroenergie.

După o foarte sumară informare asupra potențialului Durance-ului superior și mijlociu, referirile vor privi Durance-ul inferior, pe al cărui curs sunt realizate sistemele de irigații cu modernizarea centrelor de priză ce formează obiectul prezentului capitol.

Bazinul versant Durance înscrie până la Cadarache caracteristicile date în tabelul 3.16.

- **Durance-ul Superior**, până la acumularea Serre-Ponçon prezintă importanță prin bazinul său versant, al cărui aport de apă (supus secetelor de vară din Alpii de Sud și precipitațiilor abundente din iarnă și primăvară) este regularizat prin această mare amenajare hidro-energetică complexă.

- **Durance-ul Mijlociu** ($L = 120$ km), beneficiarul scourgerilor torențiale din sectorul superior, transportă, printr-o albie cu pat instabil și cu pantă mare (3 metri pe km):

Tabelul nr. 3.16. Bazin versant Durance – superior și mijlociu

Sector	Bazin versant (km ²)	Altitudine medie	Aport mediu anual (mil. m ³)	Debit mediu (m ³ /s)
- Durance – la Ac. Serre Ponçon	3600	2020	2700	85.6
- Verdonul – la confluență	2218	1065	1225	38.9
- Durance – la Cadarache	11920	1290	6150	194.0

- debite lichide cu variații de la 35 m³/s la 6000 m³/s (în secțiunea podului Mirabeau), cu un modul de 83 m³/s (la Serre- Ponçon) și 175 m³/s (la Mirabeau); viiturile maxime înregistrându-se în mai-iunie, când se tocesc și zăpezile în bazinul superior;

- transportul solid (pietriș, nisip) se estimează la 140000 m³/an (în secțiunea Mirabeau), cu o încărcare de aluviuni în apă de 5-10 g/l, în aceeași secțiune.

Albia majoră a Durance- ului este foarte largă și presărată de bancuri de pietriș și nisip, iar albia minoră meandrată și instabilă.

Principalii afluenți pe sectorul mijlociu sunt Buech, Bléone, Asse.

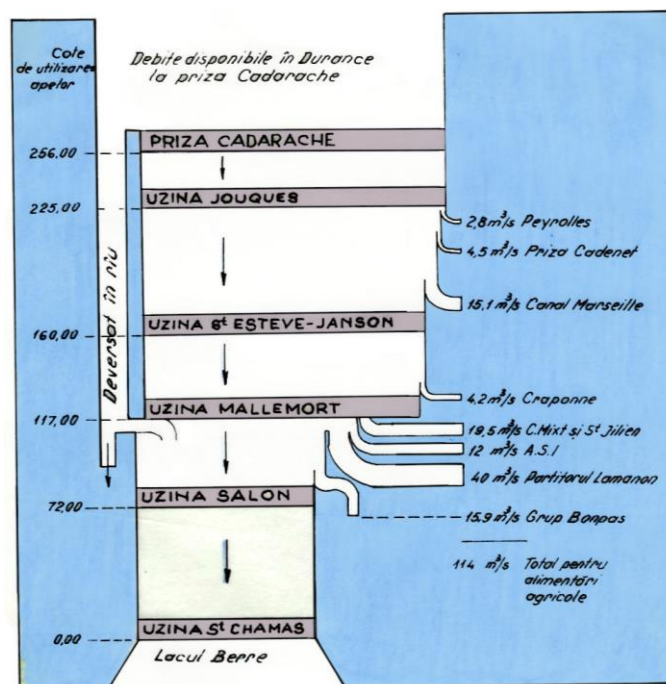
Grație caracteristicilor hidrografice ale Durance-ului, cu bazinul hidrografic ce deține locul 4 în Franța (după Rhône, Rhin și Isère), cu posibilitățile de a se valorifica potențialul de 6 miliarde KWh anual, cu pante de 5 ori mai mari ca ale Rhôn-ului, crearea barajului Serre-Ponçon, în cursul superior, a prezentat cheia întregului proiect al amenajării complexe.

Din volumul de acumulare de 1,27 miliarde mc, 200 milioane mc sunt destinați agriculturii din aval. Volumul de apă rezervat agriculturii (200 milioane mc) a fost finanțat prin participarea Ministerului Agriculturii la cheltuielile globale ale barajului (12,5%), iar apa furnizată în acest scop (agricultură-irigații) este gratuită.

Cascada hidroenergetică din Durance-ul mijlociu și inferior – dominată de acumularea Serre-Ponçon – este prezentată în tabelul nr. 3.17, cu caracteristicile principale.

Paralel cu realizarea planului hidroenergetic al Durance-ului superior și mijlociu și îndeosebi Serre-Ponçon s-au modernizat și vechile canale de irigații, prin asociațiile sindicale: Canal Cap, Canal Ventavon, Canal Manosque și au fost realizate de asemenea rețele ale sindicatelor intercomunale: Forcalquier și Claret-Curbans-Salignac-les Méés.

– **Durance-ul Inferior**, de la Cadarache și până la mare (pe traseul canalului industrial), înscrie un stoc anual de 6 miliarde mc apă, un debit mediu de 250 m³/s

**Fig. 3.23.** Repartiția debitelor între industrie și agricultură în Durance-ul Inferior

și o cădere totală de 256 m. Echiparea Durance-ului Inferior permite producerea a 2300 milioane kWh pe an și asigurarea irigației gravitaționale a unei suprafețe de 75000 ha teren în Provențe.

Departamentul de Energie al Franței (E.D.F.) a întreprins primele amenajări de racordare a sistemelor de irigații pe Durance-ul Inferior, în departamentele Vaucluse și Bouches-du-Rhône, în același timp cu realizarea acumulării Serre-Ponçon. Au fost racordate și modernizate vechile canale de irigații, construite în secolele XII-XIX, la noul canal (industrial) – vezi fig. 3.22 – lung de 80 km, prin care se deviază Durance-ul spre lacul-lagună Etang de Berre.

În timpul verii debitul destinat irigațiilor poate atinge și 114 m³/s pentru suprafețe ce depășesc pe cele amenajate (80000 ha).

Volumul de apă rămas este utilizat pentru producerea de energie; 13 uzine hidroelectrice au fost puse în serviciu pe noul canal și pe biefurile derivațiilor care urmăresc cursul, în lungime totală de 214 km, de la Noul Durance (pe Noul Canal) – adică la Serre-Ponçon la Marea Mediterană.

Tabelul nr. 3.17. Uzine hidroelectrice ale Durance-ului

Bazinul hidrografic Durance-ul	Cădere echipată (m)	Putere instalată (MW)	Productivitate (GWh)	Anul punerii în serviciu
<i>Superior</i>				
Serre-Ponçon	125	324	700	1961
Curbans	83	165	445	1966

Sisteron	114	256	690	1976
Salignac		88	218	1976
Oraison	82	196	720	1964
Manosque	37	55	295	1969
Sainte-Tulle II	37	55	315	1969
Beaumont	19	44	150	1969
<i>Inferior</i>				
Jouques	31	78	400	1959
Saint Estève	65	156	680	1963
Mallemort	43	103	420	1972
Salon	45	102	325	1966
Saint-Chamas	72	165	560	1966
Total		1787	5918	

Canalul industrial și uzinele hidroelectrice din Durançe-ul Inferior

Amenajarea Agroindustrială (hidroelectrică) a Durançe-ului Inferior a comportat mai întâi construirea a 5 uzine hidroelectrice repartizate în lungul canalului industrial alimentat de apele Durançe-ului. Apele turbinate, prin echipamentul acestor uzine, sunt apoi restituite canalelor agricole, la cote și în secțiuni posibil de a fi valorificate gravitațional prin irigații (fig. 3.23).

Ca amenajare industrială (hidroelectrică), la Cadarache (120 km aval de Serre-Ponçon), E.D.F. a realizat un baraj și o priză de apă (fig. 3.24) capabile să deriveze 250 m³/s din râul Durançe prin canalul industrial.

Aici este secțiunea de început (punctul zero) al Durançe-ului Inferior.

În această secțiune Durançe-ul prezintă: 6 miliarde mc stoc anual de apă, din care 5 miliarde mc utilizabili; marea se găsește la o distanță de 45 km în linie dreaptă; altitudinea este de 256 m, cădere ce va fi repartizată în lungul canalului industrial ($L = 85$ km), între cele 5 hidrocentrale electrice (fig. 3.25).

Canalul industrial urmărește valea Durançe-ului Inferior, pe o lungime de 50 km, aval de priza Cadarache, până la Mallemort, pentru ca de aici aproape în unghi drept să se îndrepte spre mare.

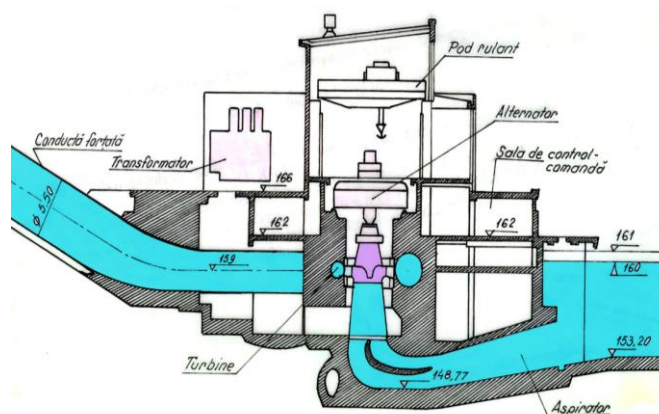


Fig. 3.26. Uzna Saint-Estève. Secțiune

Toate cele 3 prize de Durançe-ul Interior au fost realizate în baza unor studii de laborator, pe modele reduse (1/50) cu fund mobil, pentru a se verifica gradul de stabilitate și de necolmatare-nealuvionare ținându-se seama de încadrarea naturală a râului.

Uzinele (5) și echipamentul acestora diferă prin condițiile topografice impuse (ca înălțimi de cădere). Dispozitivele generale sunt asemănătoare pentru cele 5 uzine (tabelul nr. 3.18).

Soluția generală de echipare și amplasare a uzinelor se vede în fig. 3.26.

Tabelul nr. 3.19. Reamenajarea prizelor Canalele agricole din DuraŃe-ul Inferior

Canalul	Cstr. în sec.	Cu rol	Supraf. irigată (ha)	Debit (mc/s)	Lung. (km)	Priza		Obs.
						Sursa	Tip	
Departamentul Vaucluse								
1. Cadenet	XV	act. mori	3000	4,498	25	Canal industrial	în curent liber cu sub-traversarea DuraŃe-ului prin galerie	+ 4 comune
2. Mixt	XVIII	-	10000	12,290	130	C. ind. și DuraŃe	printr-o galerie de fund	+ 26 comune
3. St. Julien	1171	act. mori	5000	7,228	35	C. Mixt	printr-un canal de racordare	
4. Crillon	XVIII	-	1200	4,352	15	DuraŃe	priză comună în curent liber (pentru cele 5 canale 4,5,6,7,8)	+4 comune
5. Hopital	1227	act. mori	500	2,167	10	DuraŃe	priză comună în curent liber (pentru cele 5 canale 4,5,6,7,8)	
6. Puy	XIX	-	400	1,071	8	DuraŃe	priză comună în curent liber (pentru cele 5 canale 4,5,6,7,8)	Asane și Avignon
Departamentul Bouches-du-Rhône								
7. C. Peyrolles	XV		1100	2,850	28	Canal industrial	două prize la H.E.	+ 4 comune
8. C. Marseille	1838 - 1851		5000	15,118	190	C.H.E.	v.fig. 3.31	alim. cu apă Mar-seille
9. C. Craponne	1554		19000	23,639	135	C. ind. și DuraŃe	priză dublu sectorizată (din captări)	
10. C. Alpines Meridionales	XVIII		14000	16,210		Canal industrial	v. fig. 3.22	+ 29 folosințe
11;12. C. Alpines Septentrionales	XIX (I, II)			12,527 6,740	70 și 45	Canal industrial	v. fig. 3.29 ÷ 3.33	
13.C. Moulin de Senas	XIII		545	1,553	7	C. Alpines Septentri- onales		
14. C. Quatre Communes	XIV		2600	2,201	27	C. Alpines Septentri- onales		
15. C. Chateau-Renard	XVIII		2700	1,565	10	P. Bonpas	v. fig. 3.29	

în DuraŃe-ul Inferior

Cele 75.000 ha irigate prin 15 mari și vechi canale de irigații, în departamentele Vaucluse și Bouches-des-Rhône, fiind deficitare în apă în timpul verii ca și din punct de vedere energetic, au impus ca paralel cu amenajările hidroenergetice să se reamenajeze și prizele vechilor canale, pentru a asigura gravitațional și constant debitul de 114 m³/s necesar agriculturii. Astfel, prin intermediul canalului industrial și al celorlalte amenajări de pe DuraŃe a fost posibil ca volumul de rezervă pentru irigații, din acumularea Serre-Ponçon (200 milioane m³ apă) să fie destinat distribuției între 15 canale (tab. nr. 3.19).

Întrucât soluțiile constructive și de captare ale acestor canale sunt interesante și pot servi ca sugestii pentru proiectanții și specialiștii noștri, în cele ce urmează vor fi date unele detalii, cu referire îndeosebi la aspectele privind refacerea și modernizarea unor vechi canale-sisteme de irigații; problemă de mare interes și actualitate și la noi în țară.

Cele 15 canale care deserveșc agricultura au prizele răspândite de-a lungul DuraŃe-ului pe 80 km, de la Mirabeau la Avignon (vezi fig. 3.22). Vechile prize, din sec. 12-19, erau afectate de variațiile scurgerii prin râul neregularizat.

Reamenajarea prizelor (după 1955) are în vedere și faptul că 10 din cele 15 se vor amplasa direct la canalul in-

ale agricole”, folosința acestora fiind ninante.

Caracteristici ale unor prize de

apă

1. Priza canalului Cadenet (fig. 3.27) s-a realizat din canalul industrial prin intermediul unui canal betonat ($L \cong 3$ km). Traversarea Durançe-ului este realizată prin galerie subfluvială, cu secțiune dublă ($A_1 = 0,70 \text{ m}^2$; $A_2 = 1,60 \text{ m}^2$, $L = 0,343 \text{ km}$), cu două puțuri ($H = 30 \text{ m}$), prin care galeria este legată la instalațiile de suprafață.

2. Priza canalului Mixt și a canalului St. Julien (fig. 3.28) s-a realizat printr-o galerie subfluvială cu secțiunea $A = 12 \text{ m}^2$ și $L = 0,385 \text{ km}$ și prin 2 puțuri de 24 m adâncime din canalul industrial.

Printr-o priză amplasată la malul drept (Durançe) în barajul Mallemort, se poate realiza și alimentarea directă.

Canalul St. Julien se alimentează din Canalul Mixt, printr-o priză situată la Bel-Hostes, prin intermediul unui canal de racordare ($L = 1,1 \text{ km}$).

Canalul Mixt este recalibrat la $L = 9 \text{ km}$ pentru a putea transporta debitele cerute de ambele canale ($12,30 \text{ m}^3/\text{s}$ – Canalul Mixt și $7,30 \text{ m}^3/\text{s}$ – Canalul St. Julien).

3. Priza comună Bonpas, a canalelor Crillon, Hopital, Puy, Châteaurenard și Alpines Septentrionales II (fig. 3.29).

Printr-o priză cu un tronson de canal comun, apa luată din Durançe, la Bonpas, este distribuită între cele 5 canale regionale (3 în Departamentul Vaucluse: C. Crillon, C.L'hospital și C. Puy și 2 în Departamentul Bouches-du-Rhône: C. Châteaurenard și C. Alpines Septentrionales II). Soluția prizei comune din Durançe, a derivațiilor din C. Crillon și a debitelor derivate se pot urmări din fig. 3.30 – plan și secțiuni.

4. Priza canalului Peyrolles (fig. 3.30) amplasată pe canalul industrial, este formată de fapt din două prize situate pe bieful H.E. St. Estève-Janson și prin două scurte tronsoane betonate ($L_1 = 0,600 \text{ km}$ și $L_2 = 0,800 \text{ km}$).

5. Priza canalului Marseille (fig. 3.31) este amplasată la uzina (H.E.) auxiliară Estève-Janson ($P_i = 5000 \text{ MW}$).

6. Priza canalului Craponne (fig. 3.32) compusă din trei captări pentru: $5 \text{ m}^3/\text{s}$, situate pe bieful Mallemort (una la Gontard, una la St. Croix și a treia la camera de priză a uzinei hidroelectrice Mallemort), 17 și respectiv $5 \text{ m}^3/\text{s}$ la Partitorul Lamanon și la priza Beauplan – ambele situate pe bieful uzinei hidroelec-

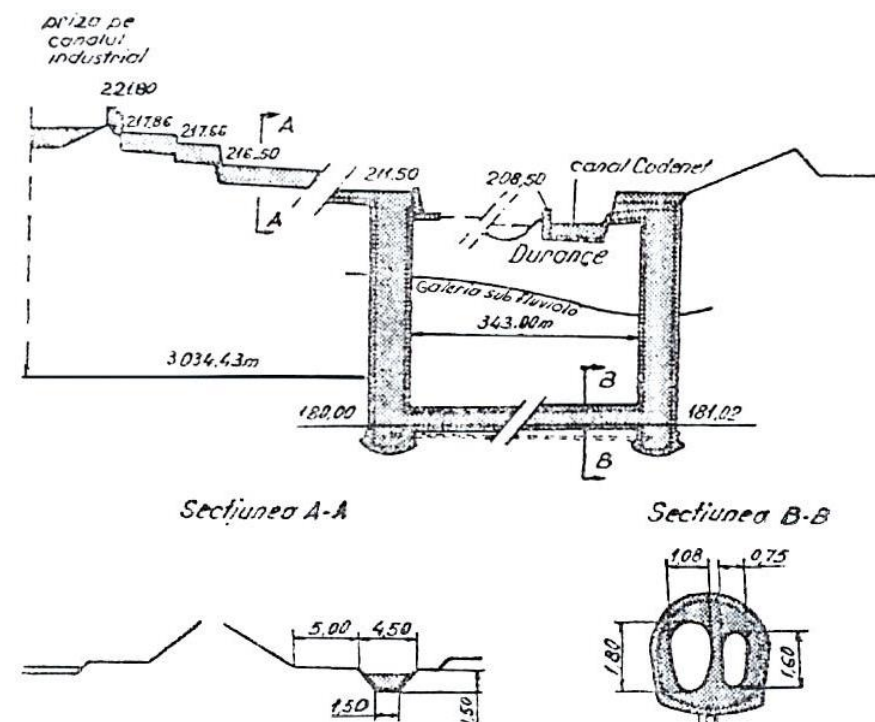


Fig. 3.27. Priza canalului Cadenet – secțiuni

dustrial.

Cele mai importante – Mallemort și Lamanon – prelevă un debit de $80 \text{ m}^3/\text{s}$; priza realizată prin partitorul Lamanon derivă un debit de $45 \text{ m}^3/\text{s}$.

Prin ultima priză – Bonpas – se alimentează cele 5 canale ce transportă apă pentru regiunile Châteaurenard și Avignon.

O observație de mare importanță, care se impune a se reține, este și aceea că absolut toate captările și aducțiunile sunt de tip gravitațional, cu toate că pentru aceasta unele canale au lungimi de transport de ordinul zecilor de km.

Cu toate că cele 5 hidrocentrale electrice de pe canalul industrial al Durançe-ului Inferior produc energie suficientă (2.385 GWh/an) pentru a face posibilă ridicarea apei prin pompare din Durançe, nu a fost adoptată o asemenea soluție. Energia acestor hidrocentrale electrice a fost debitată în rețeaua națională, iar aducțiunea apei pentru irigații s-a făcut numai în soluții gravitaționale pentru toate cele 15 canale, după cum ușor se poate urmări din figurile și datele ce urmează.

Mai trebuie subliniat faptul că aceste canale asigură apa și pentru comunele pe care le străbat, de asemenea fără consum de energie, precum și faptul că funcționează în regim automatizat, fiind echipate (prizele) cu vane automate, module cu mască ș.a.

Prizele celor 15 vechi canale de irigații, cu caracteristicile tehnico-constructive noi, sunt date în tabelul nr. 3.19 și în figurile 3.27 ÷ 3.33.

trice Salon.

7. Priza canalelor Alpines Septentrionales – Ramificația AS1 (fig. 3.33), este de asemenea dublă (două prize distincte) situate pe bieful uzinei H.E. Salon (una la Fontenelle pentru $Q = 12 \text{ m}^3/\text{s}$, printr-un canal de racordare, $L = 0,450 \text{ km}$ și a doua la Partitorul Lamanon pentru $Q = 8 \text{ m}^3/\text{s}$, printr-un canal de racordare, $L = 2,7 \text{ km}$).

Observații

Analizarea atentă a schiței planului de situație (fig. 3.26) cu amplasarea canalelor și prizelor, în paralel cu soluțiile de prize date în schițele 3.28 ÷ 3.33, poate furniza specialistului preocupat de probleme complexe de scheme hidroenergetice și de irigații, informații extrem de utile, idem pentru proiectanții ce au sarcina refacerii și modernizării vechilor sisteme de irigații, cu trecerea pe aducțiuni gravitaționale.

Prize pe construcțiile industriale (hidroelectrice)

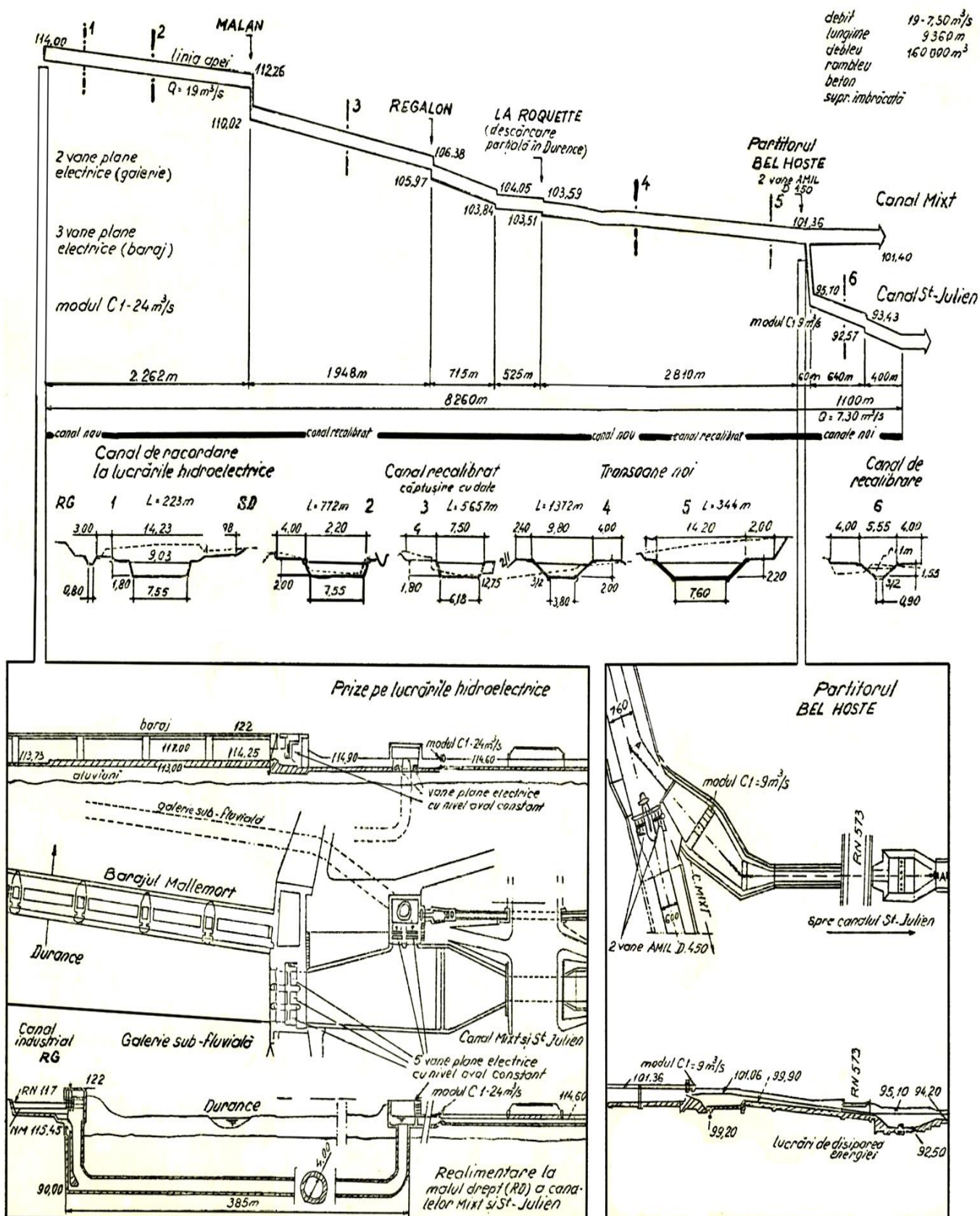


Fig. 3.28. Priza canalelor Mixt și St. Julien

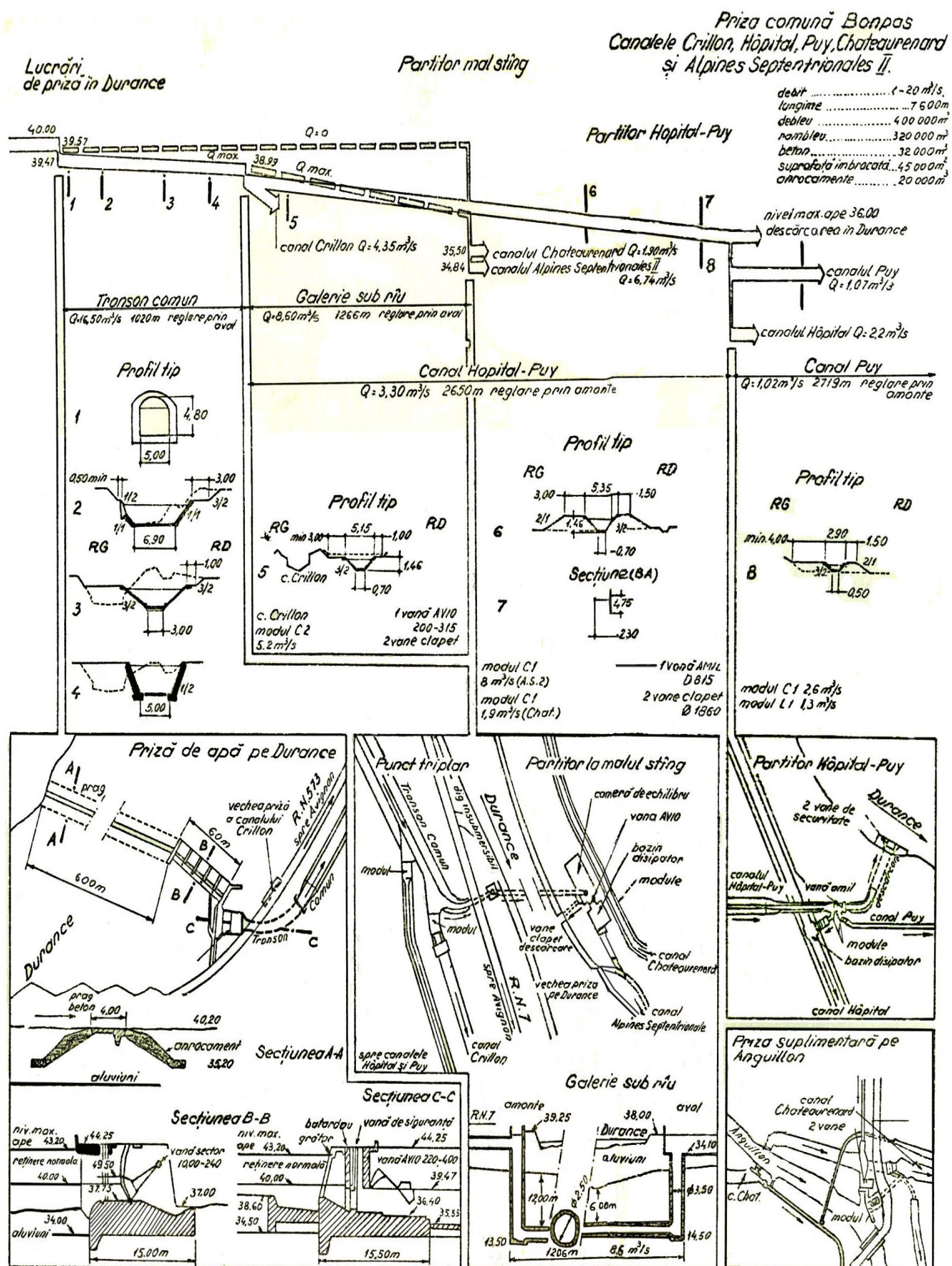


Fig. 3.29. Priza comună Bonpas. Canalele Crillon, Hôpital, Puy, Chateaufrenard și Alpines Septentrionales II

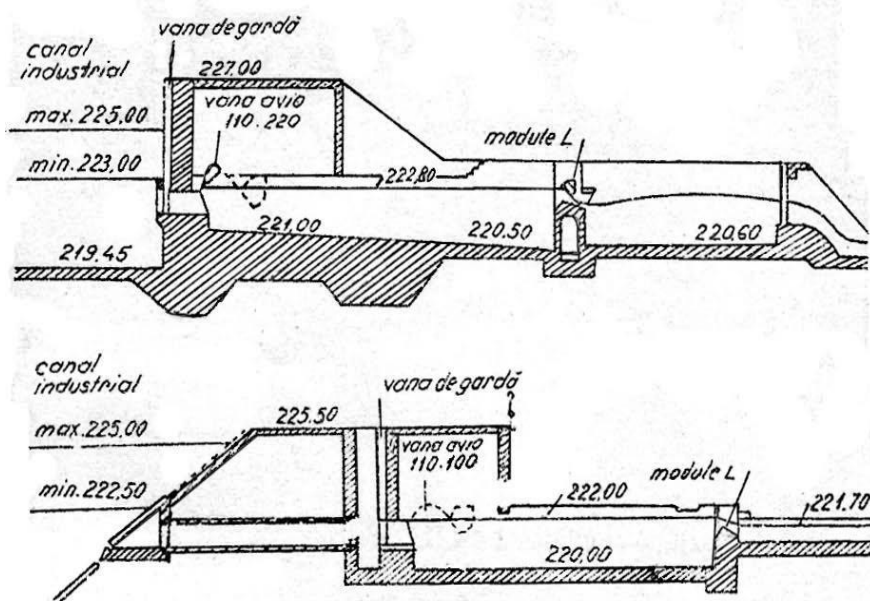


Fig. 3.30. Priza canalului Peyrolles

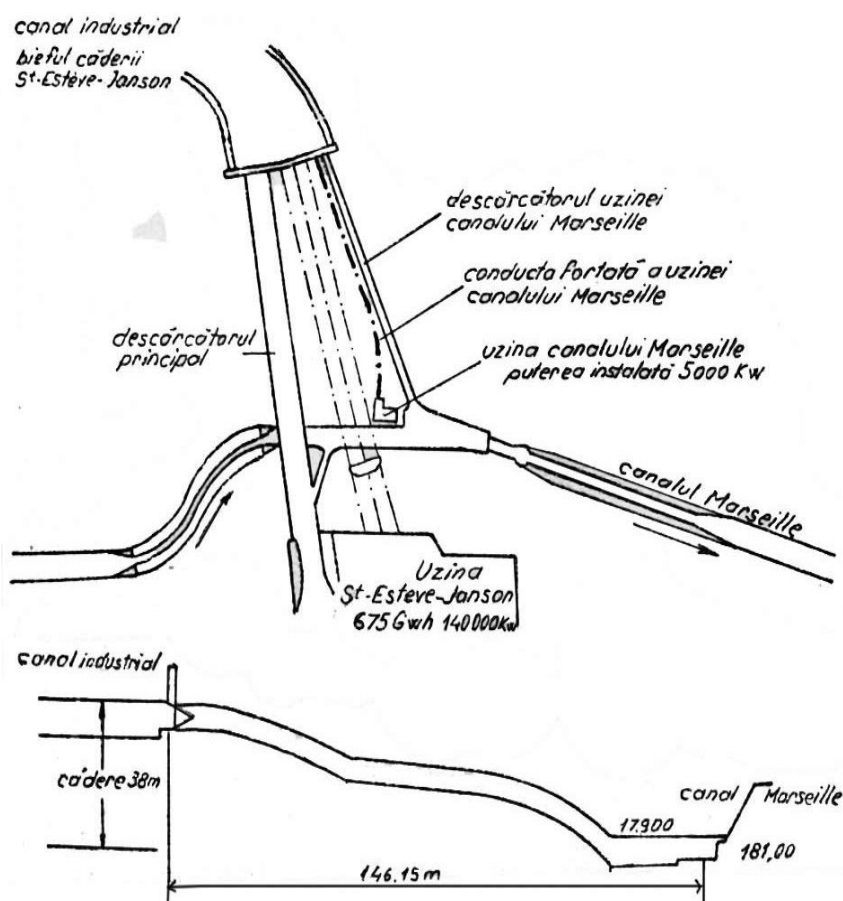
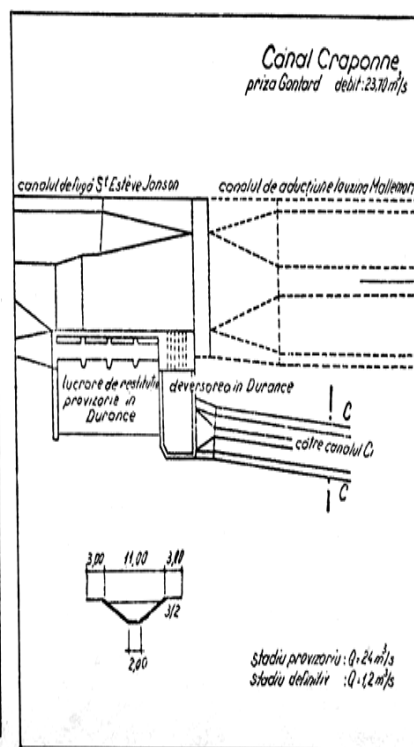
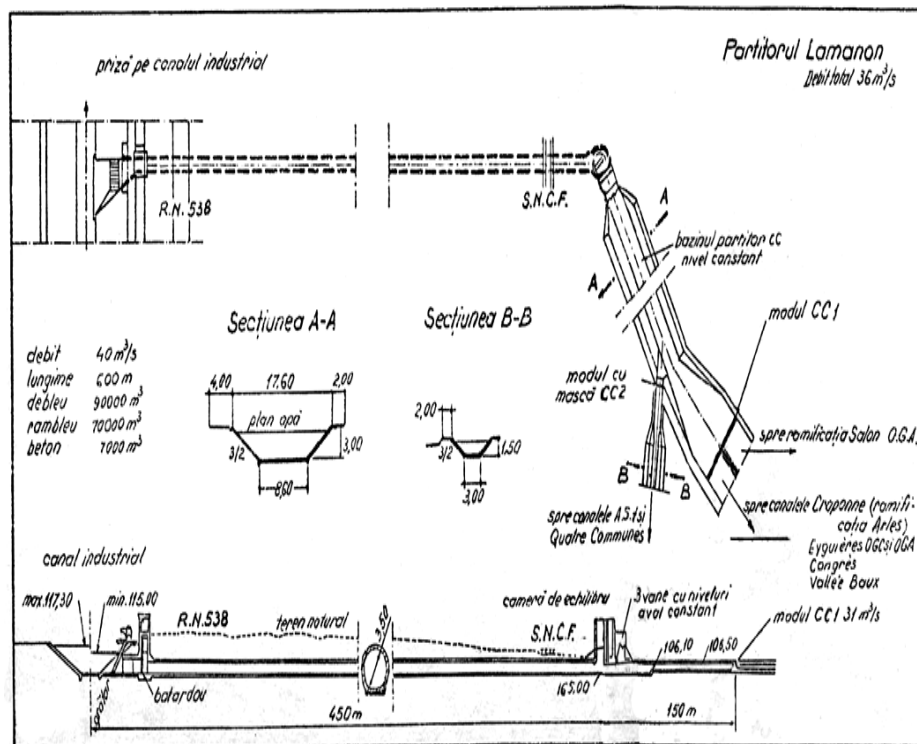


Fig. 3.31. Priza canalului Marseille



183

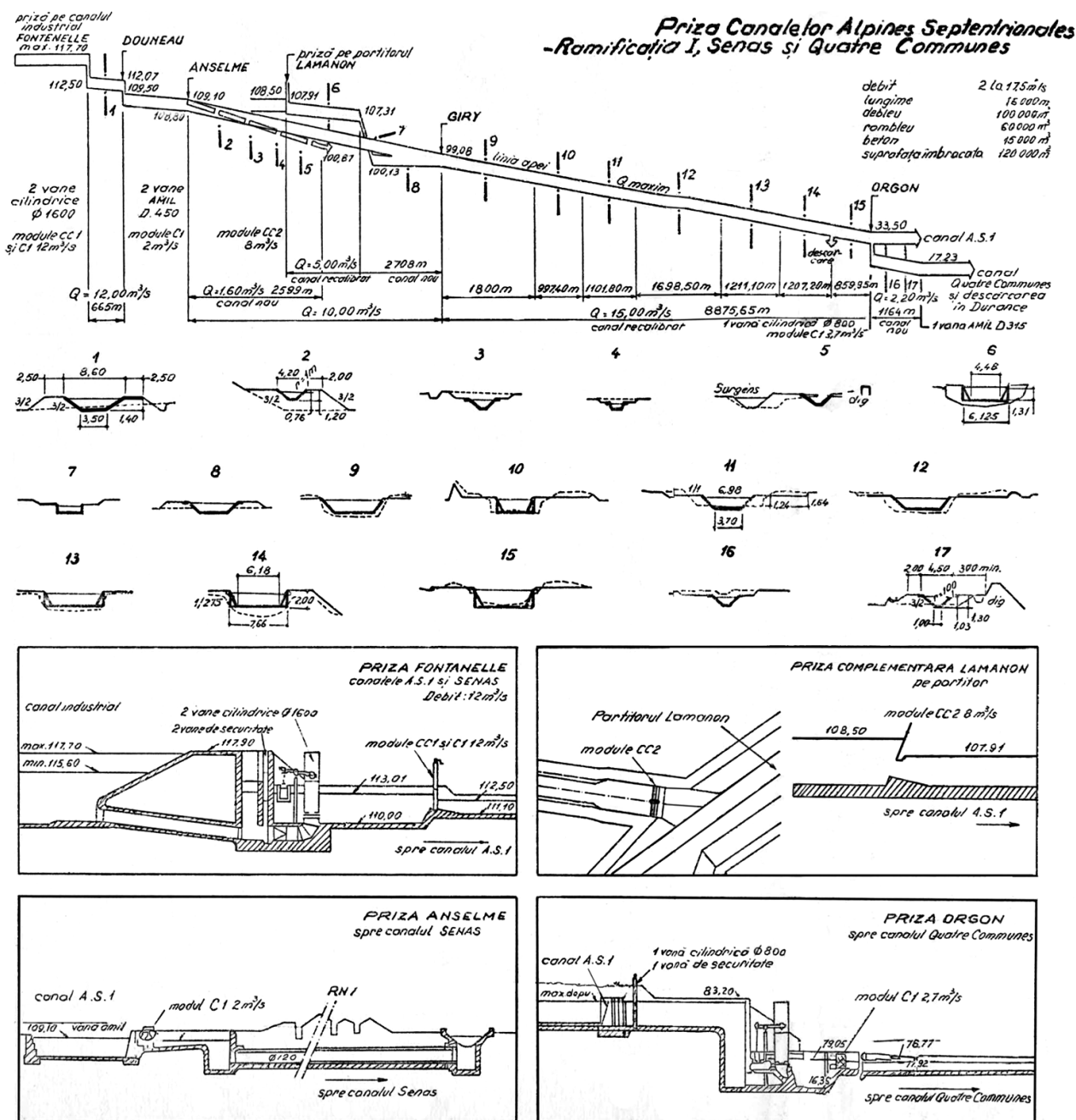


Fig. 3.33. Priza canalelor Alpine Septentrionale. Ramificația I, Senas și Quatre Communes

2° Soluții de scheme hidrotehnice complexe pentru irigații, de tip gravitațional, cu acumulări frontale dominante și transfer interbazinal

Asigurarea independenței energetice în irigații derivă și din soluția alegerii – amplasării și amenajării sursei de apă și a rețelilor de canale magistrale și de distribuție.

În cazul surselor de apă ce ocupă poziții dominante față de suprafața irigabilă, chiar în situația aflării acestei surse în alt bazin hidrografic și cu condiții (topo-hidrografice și geomorfologice) de acumulare, atunci se pot adopta soluții similare celor din bazinul

hidrografic Vakch – Tadjikistan și S.I. Steagul Roșu – China (fig. 3.34).

Prezentarea schematică a soluțiilor acestor scheme hidrotehnice reprezintă – considerăm – cel mai indicat procedeu de tratare a problemei.

1) Schema hidrotehnică a SI gravitațional Ivan-Obikiiskaia – din b.h. Vakch – Amu Daria, R. Tadjikă

Pe râul Vakch, unul dintre cele mai importante din R. Tadjikă, s-a realizat o cascadă hidroenergetică, formată din 8 baraje de acumulare (v. fig. 3.34). Amenajările Nurek și Baipaza ocupă primul loc, prin rolul pe care-l au în irigarea (gravitațională, cu independență

energetică) a terenurilor din sudul Asiei Centrale cât și prin soluția adoptată: acumulare centrală dominantă, amplasată chiar în afara sistemului de irigații aferent și cu producere de energie.

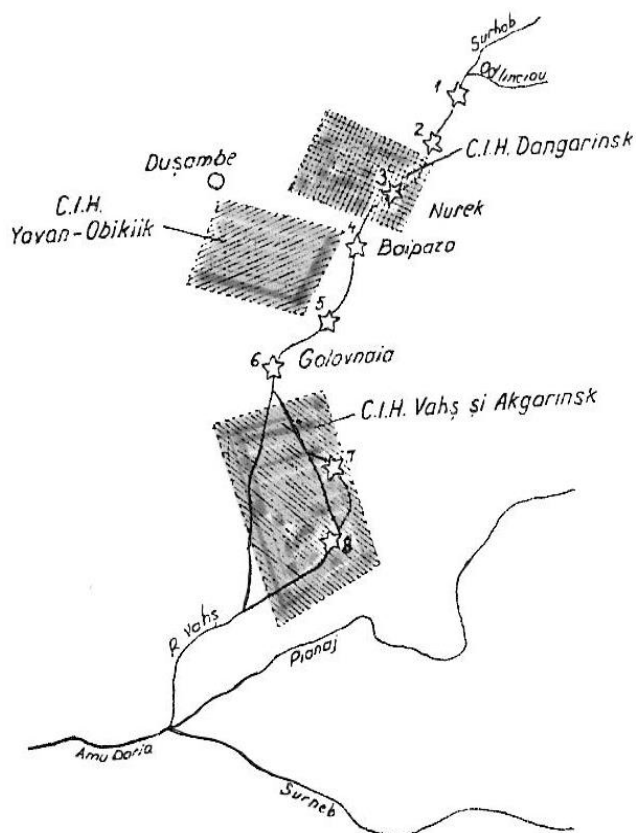


Fig. 3.34. Schița de amplasare a complexelor hidroenergetice (H.E.) și de irigații (C.I.) de pe Vakh:
1 – H.E. Rogunskaiia; 2 – H.E. Surobskaiia; 3 – H.E. Nurek;
4 – H.E. Baipaza; 5 – H.E. Sangtudinskaiia; 6 – H.E. Golovnaia; 7 – H.E. Perepadnaia; 8 – H.E. Tsentralnaia

Complexul hidrotehnic de irigații și hidroenergetic Ivan Obikiiskaia, fiind reprezentativ în acest sens, în cele ce urmează vor fi date unele detalii.

Al treilea mare complex de irigații și hidroenergetic din Tadjikistanul de Sud este Yavan – Obikiiskaia (fig. 3.35), axat pe amenajarea H.E. Baipaza (vezi fig. 3.34).

Văile râurilor Iavanskaia și Obikiiskaia, în suprafață de 40.000 ha, sunt extrem de sărace în apă. Pentru irigarea acestora s-au derivat apele râului Vakch printr-un tunel lung de 7,3 km, realizat în malul drept al acumulării H.E. Baipaza, puțin aval de amenajarea Nurek.

Pentru complexitatea și ingeniozitatea inginerască a realizării acestei amenajări, se impun câteva prezentări și detalii tehnice.

Văile Yavan și Obikyik, amplasate la altitudini de 500-700 m sunt separate de sursa de apă – acumulara H.E. Baipaza de pe R. Vakch printr-un lanț montan, care a fost străbătut prin tunel.

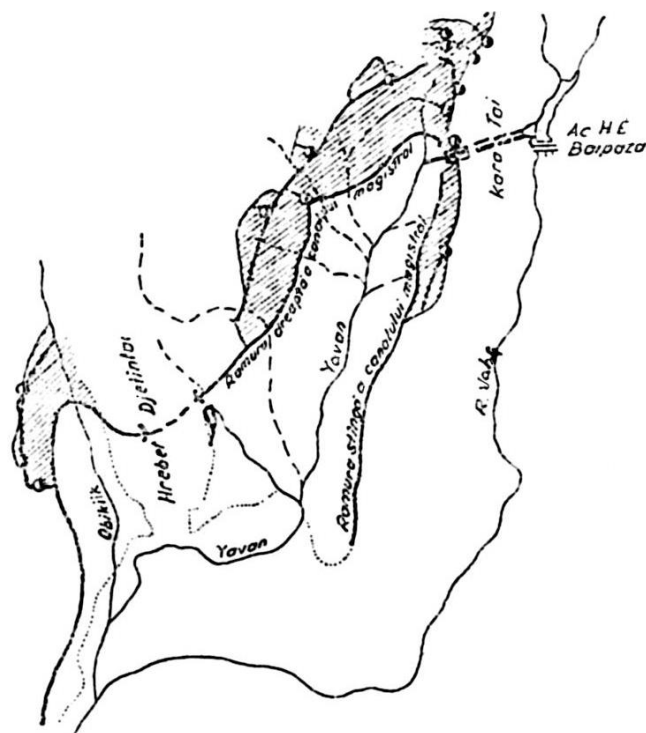


Fig. 3.35. Schema sistemului de irigații Yavan-Obikiik

De cele trei părți, văile sunt închise prin lanțuri muntoase cu înălțimi de circa 1000 m și numai spre sud au deschidere, în direcția R. Vakch, spre confluență. Cele două văi Yavan și Obikyik sunt separate la rândul lor printr-un lanț montan de mică înălțime (Dje-tyntaou).

Valea Yavan, cu o lungime de 50 km și o înălțime maximă de 15 km, este orientată de la nord-est spre sud-vest, iar Valea Obikyik are 22 km lungime și 7 km lățime medie.

Relieful văilor, ușor undulat, are o pantă de 0,01-0,02 și până la 0,05-0,06 maxim, la piciorul muntelui.

Râul Yavansu străbate longitudinal valea, printr-un talveg adânc, care colectează apele locale cu curgeri temporare.

Valea Obikyik este străbătută de râul cu același nume, râu ce are un debit neînsemnat.

Trenurile din acest perimetru sunt de tip loess și argilă loessoidă, cu un mare grad de tasare; grosimea stratului de loess depășește 25-30 m.

Din punct de vedere hidrogeologic, apele subterane se găsesc la adâncimi variate: sub 3 m în nordul Văii Yavan, pe o suprafață de 3.000 ha; de la 3 la 10 m pe o suprafață de 5.000 ha și de la 10-50 m și mai mult, pe restul suprafeței de 30.000 ha.

Apele subterane au o mineralizare considerabilă, ca de altfel în majoritatea zonelor deficitare în apă din Asia Centrală, variind între 5 și 20 g/l.

Sistemul de irigații Yavan-Obikyik este alimentat prin amenajarea H.E. Baipaza de pe R. Vakch (fig.

3.27) printr-o priză de apă compusă dintr-un baraj (1) anrocamente, un deversor și o ecluză de irigație combinată cu capul amonte al tunelului (2) Vakch-Yavan, echipat cu trei vane plane.

Barajul amenajării Baipaza, cu o înălțime de 60 de metri, a fost realizat prin explozii orientate, ceea ce a permis reducerea timpului de execuție, costul amenajării, precum și dirijarea (evacuarea) debitului râului Vakch, în timpul execuției, fără măsuri speciale.

Tunelul Vakch-Yavan, prin care se transportă, cu curgere liberă, debitul de $70 \text{ m}^3/\text{s}$ captat din acumularea Baipaza, are o lungime de 7.400 m și un diametru de 5,3 m și străbate transversal lanțul muntos Karatu, la o adâncime de 600 m, datorită condițiilor geologice și hidrogeologice complicate.

Tunelul este îmbrăcat într-o cuvă din elemente de fontă și beton armat prefabricate.

Canalul magistral căptușit cu beton are o lungime de 680 m, între capătul aval al tunelului și până la centrul de distribuție – partitorul dintre cele două ramificații „dreapta” și „stânga” (vezi fig. 3.35).

În apropierea partitorului s-a construit un evacuator în trepte, pentru descărcarea surplusului de apă (sau în caz de avarii), în valea Yavan.

Ramura dreaptă a canalului magistral, cu o lungime de 80 km, transportă un debit de $48 \text{ m}^3/\text{s}$ și după traversarea lanțului muntos Djetâmtai printr-un tunel ($L=5150 \text{ m}$; $\varnothing = 3,3 \text{ m}$ și $Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$) își descarcă debitul disponibil în Valea Obikiik.

Ramura stângă are o lungime de 34 km și poate transporta un debit de $10,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Din ambele ramificații, apa curge gravitațional, prin intermediul canalelor secundare, pe terenurile irigate, ca și pentru celelalte folosințe din perimetru.

Irigarea terenurilor situate la cote superioare celor două ramificații se face prin pompare, cu înălțimi medii de 45 m și cu debite ce pot ajunge la $17 \text{ m}^3/\text{s}$ (cu $P_i = 12.500 \text{ kW}$).

Cu privire la rețeaua de canale (condițiile de fundare și impermeabilizare) și sectoarele de legătură, la tehnicile de irigat și drenaj, la amenajarea terenului și a măsurilor antierozionale, precum și cu privire la măsurile de consolidare a terenurilor de fundare a construcțiilor hidrotehnice și a modului de organizare a exploatării, se vor da în continuare câteva detalii, cu rol de exemplificare, după cum urmează:

– transportul și distribuția apei la diversele folosințe se face prin canale principale și secundare, în lungime totală de 209 km, pe care sunt construite 26 sifoane, 24 apeducte, 12 uvraje de evacuarea sedimentelor și avalanșelor de noroi din zonă, 6 baraje din pământ cu înălțimi de până la 45 m, zeci de poduri și mii de construcții și instalații hidraulice pe rețeaua de distribuție;

– din canalele principale și secundare, apa este adusă pe câmpuri prin rețele de conducte îngropate ($L_{Tot} = 976 \text{ km}$), de unde cu ajutorul bornelor de irigație și al conductelor din polietilenă sau aluminiu este distribuită în brazdele de udare. Tehnica de irigat cu răspândirea cea mai mare este prin „scurgere la suprafață, pe brazde” pentru bumbac;

– drenajul orizontal și vertical echipează cea mai mare parte a terenurilor irigate, cu exces de apă, salinitate sau înclinate spre tasare, înmlăștinare-salinizare;

– lucrările de nivelare au fost considerabile pe terenurile irigate, înscriind cifre medii ridicate, de $1.200 \text{ m}^3/\text{ha}$ terasamente mobilizate;

– măsurile de prevenire contra eroziunii hidraulice a rețelilor de canale și a solurilor au preocupat în mare măsură pe proiectanții și executanții Complexului de irigații Yavan-Obikiik. Pentru protecția canalelor de irigații (contra afluirilor și înmlăștirilor) au fost construite lucrări contra curgerilor noroioase, de consolidare și antinoroioase. Pentru evacuarea controlată a apei de pe sectoarele irigate au fost construite rețele de șanțuri, canale, diguri de dirijare și lucrări de racordare, cu echipamente de control al scurgerii; construcția uvrajelor de racordare-descărcare s-a făcut din elemente de beton armat prefabricate;

– în scopul asigurării stabilității lucrărilor de construcții, pe loess-urile cu tasări puternice s-a adoptat soluția umectării prealabile a terenurilor de fundație (a acestor lucrări), timp de 2 până la 4 luni; s-au realizat astfel tasări de circa 2 m;

– ca mod de exploatare a terenurilor irigate în prima etapă (36.200 ha), acestea au fost organizate pe 7 ferme de stat, cultivate în principal cu bumbac pentru fibre fine, obținându-se producții de 25 q/ha.

Amenajarea H.E. Baipaza, sursa de apă a complexului de irigații Yavan-Obikiik (în conlucrare cu acumulările din amonte – 1, 2, 3; vezi fig. 3.34) este amplasată într-o strâmtoare montană (vezi fig. 3.36), al cărei versant drept (în care s-a executat priza complexului de irigații) este constituit din depozite de calcar stratificate cu înclinare de 60° spre râu. Malul stâng reprezintă o largă terasă colinară constituită din depozite detritice cu depuneri argiloase. Seismicitatea zonei este de 8 grade.

Râul Vakch transportă anual peste 100 milioane tone de material în suspensie format din măr și nisip; peste 96% din debitul solid este transportat în perioada mai-august.

Amenajarea Baipaza ($V_a = 100$ milioane mc) reprezintă un ansamblu de lucrări hidrotehnice cuprinzând: un baraj din anrocamente, un evacuator (vezi fig. 3.36), o priză de apă pentru irigații, combinată cu capătul amonte al tunelului Vakch-Yavan și o uzină hidroelectrică cu o putere de 500.000 kW.

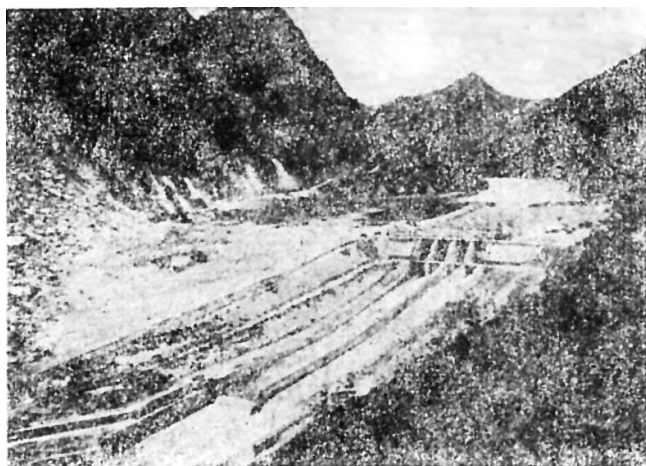


Fig. 3.36 – foto. Amenajarea H.E. Baipaza și priza de apă a sistemului de irigații Yavan-Obikiik, în timpul execuției

Barajul, cu o înălțime de 55 m, a fost rambleat ($V = 1.500.000$ mc roci) prin explozii orientate, folosind 1900 tone exploziv.

Pentru reducerea efectului undelor de explozii, s-a adoptat procedeul „exploziilor întârziate”: 7 din 12 încărcături au fost explodate mai întâi, și celelalte după un oarecare timp.

Panta taluzului amonte variază de la 1:2 la 1:3, iar a taluzului aval de la 1:5 la 1:6.

Uvrăjele de evacuare ($Q = 4.260$ m³/s) cuprind: aducțiunea la baraj (prevăzută cu deversoare), jilipurile, bazinul dissipator de energie și canalul de evacuare.

2) Schema hidrotehnică a sistemului de irigații și hidroenergetic „Steagul Roșu” – Lin Xian, China

Exemplu de sector reprezentativ dublu-prioritar „irigații-energie” în China îl constituie sistemul Lin Xian, din provincia Henan (fig. 3.37).

Acest sistem complex, domină gravitațional întreg teritoriul județului Lin Xian. Necessarul de apă pentru diferite folosințe este acoperit prin transfer din râul Cianghi și cu suplimentare din acumulări de perimetru, alimentând o rețea de aducțiuni magistrale zonale și canalele de distribuție aferente.

Județul Lin Xian, situat în NV provinciei Henan, are

(1978): o suprafață de 2600 km², o populație de 770.000 locuitori repartizată pe 15 comune populare, în 487 brigăzi de producție, cu 3.933 echipe de producție.

Condițiile naturale sunt defavorabile: județul este sărac în resurse de apă, secetele sunt îndelungate, iar relieful este accidentat (prelungiri ale zonelor muntoase).

În februarie 1960 s-a declanșat o adevărată luptă pentru transformarea naturii, pentru schimbarea radicală a înfățișării județului, problema centrală devenind crearea unor surse proprii de apă, îndestulătoare pentru întreg teritoriul județului.

Prin studii ample s-a hotărât transferul interbazinal al apei, în sensul de a se deriva din râul Cianghi (regiunea Shanxi) debitul necesar alimentării cu apă a întregului județ Lin Xian, împreună cu aportul marilor acumulări de contur ce suplimentează canalul magistral drept (vezi fig. 3.37).

Lucrările începute în februarie 1960 și terminate în 1969 includ:

– rețele de canale (590); cele principale însuimează 1.500 km și asigură creșterea suprafeței irigate

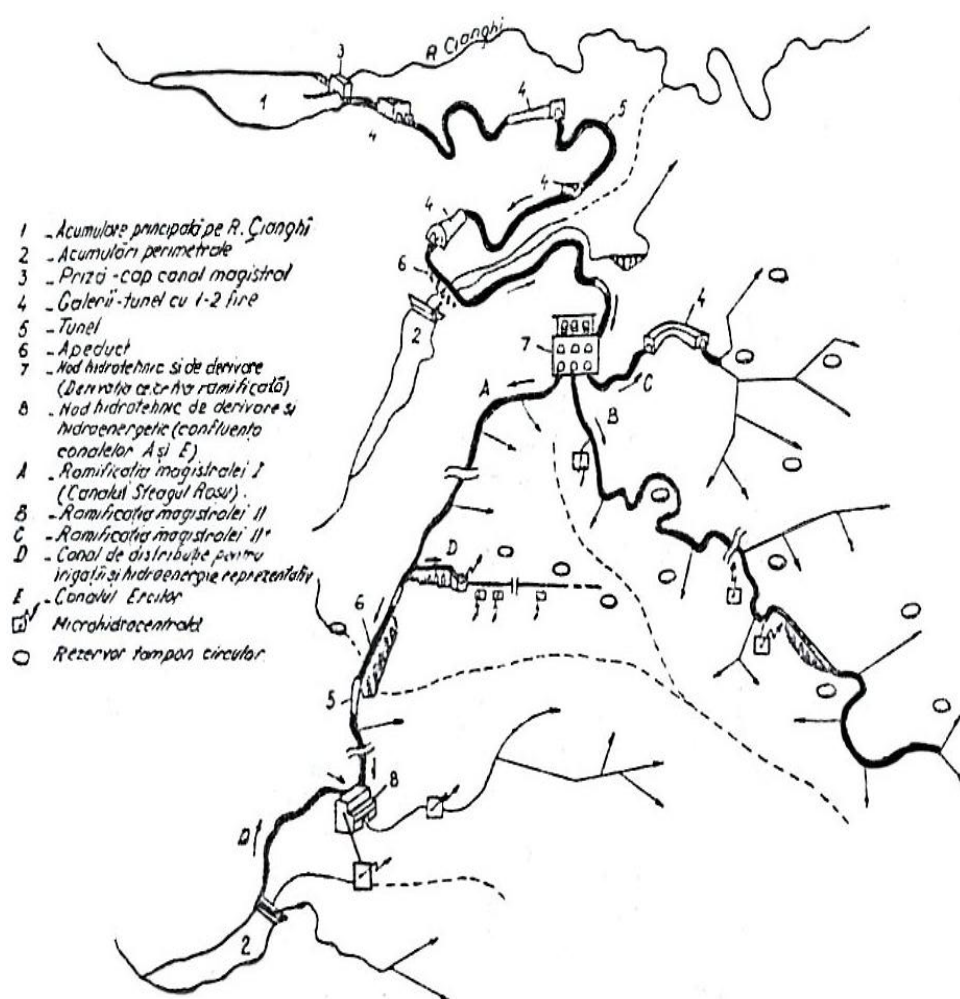


Fig. 3.37. Sursele de apă, sectorul frontal și alte elemente de schemă hidrotehnică ale sistemului de irigații Steagul Roșu

de la 12.000 mu la 640.000 mu, în zona muntoasă Lin Xian (rămânând încă de irigat 230000 mu);

- 77 microhidrocentrale ($P_i = 15$ mii kW), amplasate pe rețelele de canale gravitaționale, construite în piatră.

Terenurile luate în cultură irigată au fost foarte bine nivelate, terasate, apa asigurându-li-se prin canale duse pe cote înalte, pe curbă de nivel și prin rezervoare locale (circulare), amplasate de asemenea pe cote înalte.

Schema hidrotehnică a sistemului Steagul Roșu se prezintă sintetic în fig. 3.37.

Din această schemă se desprinde cu ușurință concepția amenajării:

- în schimbul cursurilor naturale de apă ce-și transportau la viituri debitele prin zonele joase, pe care le inundau, s-au realizat noi cursuri de apă artificiale (3 canale magistrale), trasate pe versanți, dominând gravitațional întregul teritoriu (fig. 3.38);

- paralel cu furnizarea apei terenurilor dominate, aceste canale magistrale și îndeosebi derivațiile din acestea au fost echipate cu microhidrocentrale electrice, situate în cascadă pe terenul în pantă;

- cursurile naturale de apă ce străbăteau luncile au fost încorsetate și rectificate, iar luncile acestora au fost luate în circuitul agricol (fig. 3.39 a,b).

Sursele de apă ale canalelor magistrale sunt acumulările multianuale situate la cote superioare la periferia județului și chiar în alt perimetru (acumularea pe râul Cianghi).

Resursele de apă ale județului mai sunt îmbogățite prin multiplele rezervoare (circulare, cu $V = 10.000-40.000 \text{ m}^3$), răspândite pe întreg teritoriul și alimentate din canalele de distribuție.

Captarea apei din râul Cianghi se face printr-un nod

hidrotehnic. Un prag de fund (cotă prag 468,9 m și lățimea la creastă de 4 m) facilitează derivarea apei, din acumularea creată pe râu, spre malul drept, printr-o galerie ($L = 105 \text{ m}$) ce se continuă cu canalul de aducțiune principal al sistemului Steagul Roșu.

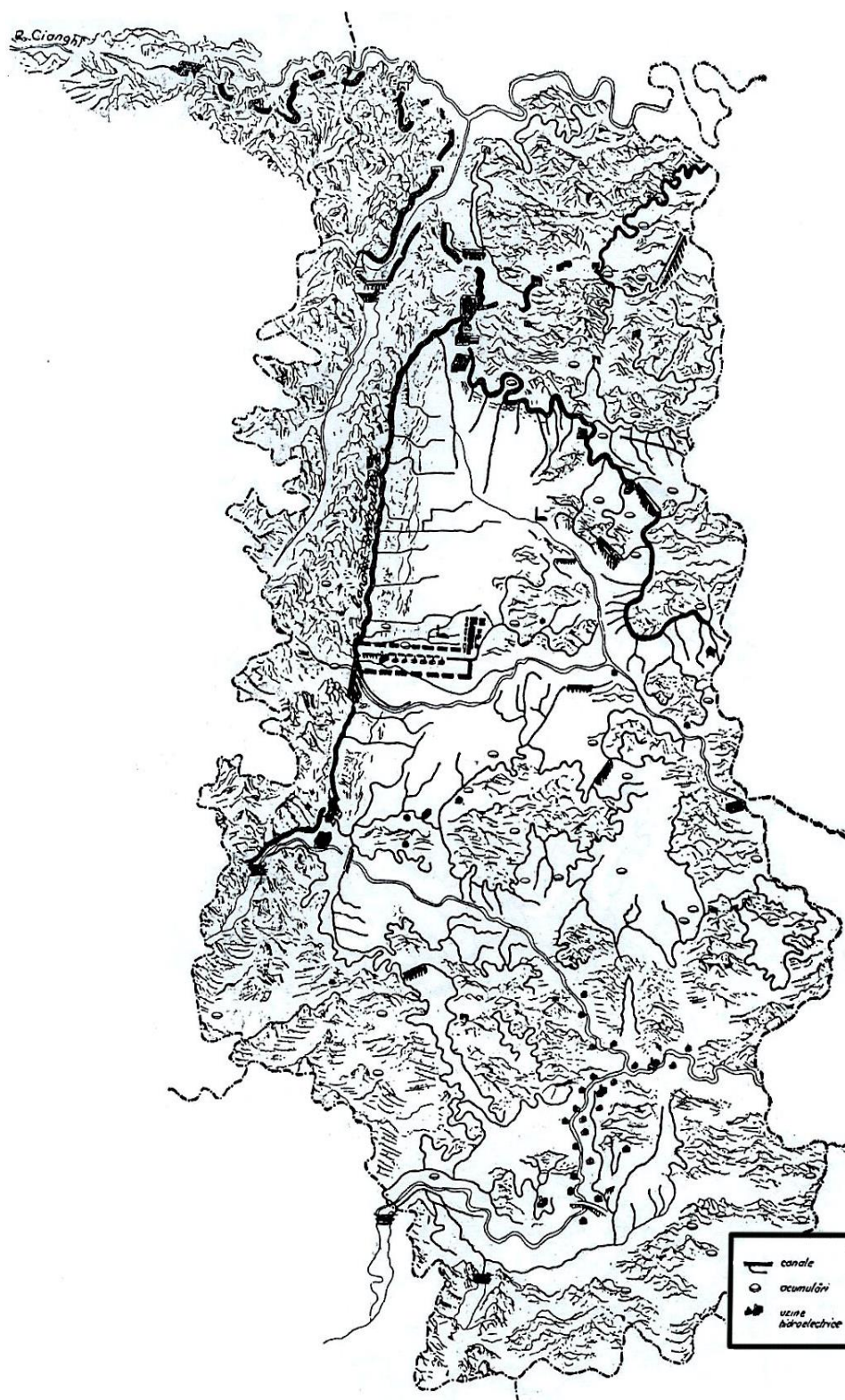


Fig. 3.38. Schema hidrotehnică complexă teritorială de irigații și hidroenergie Lin Xian

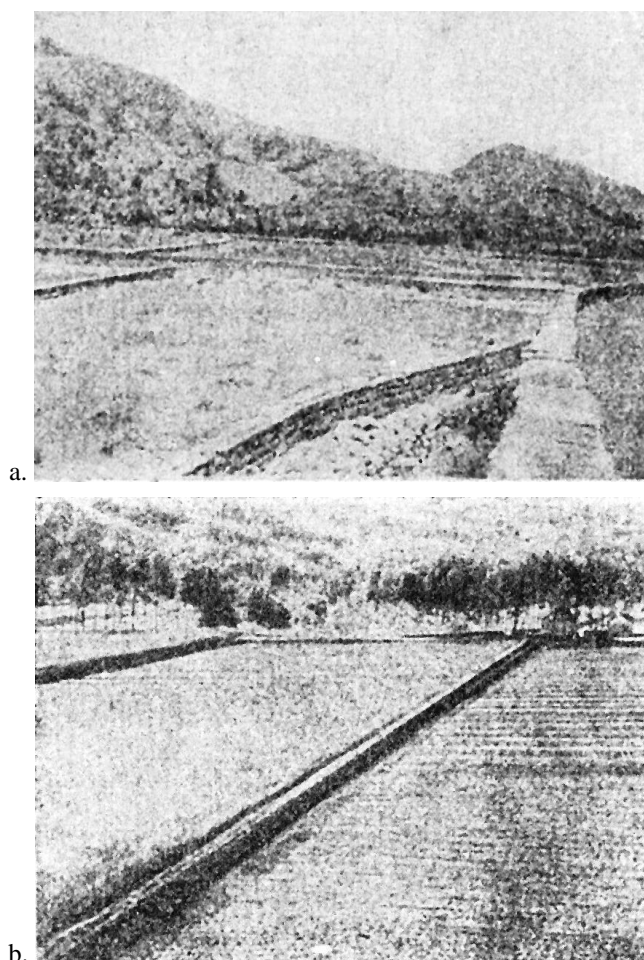


Fig. 3.39 – foto: a – Luncile râurilor, încorsetate, sistematizate și ameliorate vor fi luate în cultură;
b – Luncile râurilor, sistematizate și ameliorate, au fost luate în cultură (1978)

Canalul de priză are o secțiune dreptunghiulară (8 m x 3,95 m), cu o latură executată sub forma unui zid de sprijin, din zidărie de piatră cu: $b = 4,3$ m, $a = 1,2$ m, $b = 2,7$ m (fig. 3.40).

Panta acestui canal, dus aproape pe curba de nivel, este foarte mică ($I \cong 0,0001$; mai precis $1/8000$).

În structura schemei hidrotehnice a sistemului de irigații Steagul Roșu mai sunt de evidențiat:

– Transportul apei prin galerii săpate în stâncă, cum este cazul cu Tunelul Cin-en-tung (Tineretului) pe canalul de aducțiune Steagul Roșu (fig. 3.41).

Această galerie, în formă de potcoavă de cal (cu: $L = 616$ m; $H = 5$ m și $b = 6,2$ m), transportând un debit de $11-25$ m³/s, a fost executată numai în rocă dură (granit).

În sistemul de irigații Steagul Roșu au fost realizate 40 galerii, de diferite lungimi și dimensiuni.

– Transportul apei prin apeducte, ca sectoare de legătură pe traseele canalelor, este soluție generalizată în S.I. Steagul Roșu, în opoziție cu soluția sifoanelor (coborâtoare), folosite în alte țări.

Prin apeducte se traversează văi, râuri, diverse obstacole, ca și luncile largi, adoptându-se variante diverse: jgheaburi prefabricate (cu 1-2-3 etaje) sau apeducte din zidărie de piatră în arcade, cu stâlpi de rezistență din același material (fig. 3.42).

Apeductul Tau-Iuan, de pe ramificația Canalul Eroilor (R. dr.), este din zidărie, cu secțiunea dreptunghiulară (2,6 x 2,7 m), cu pasarelă la partea superioară (fig. 3.43).

Adâncimea de fundare a stâlpului de rezistență s-a realizat la 3 m, iar înălțimea acestuia este de 13,6 m, la care se adaugă 6,9 m boltile și secțiunea apeductului.

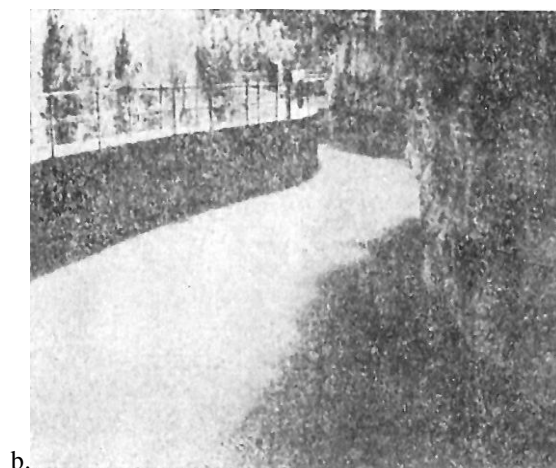
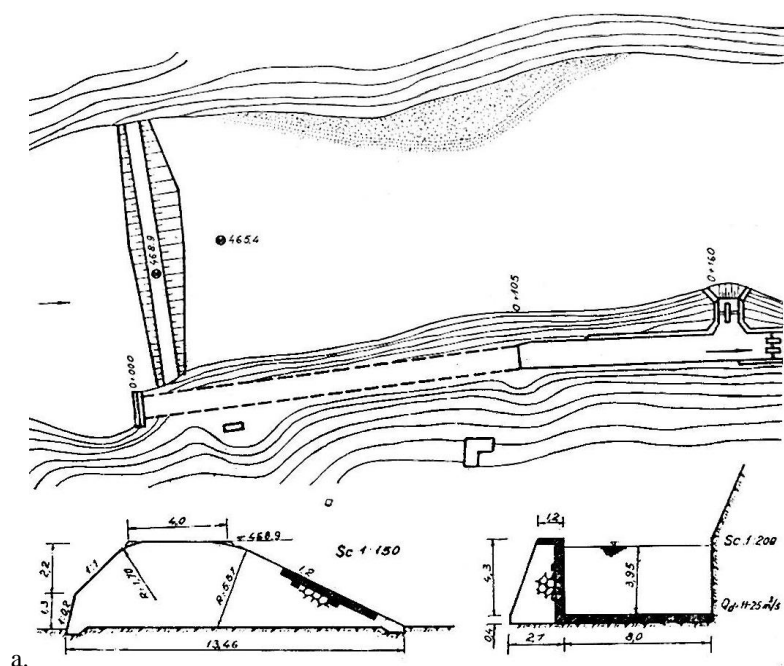


Fig. 3.40.a. Planul nodului hidrotehnic de captare; **b (foto).** Canalul de priză al sistemului Steagul Roșu, din râul Cianghi

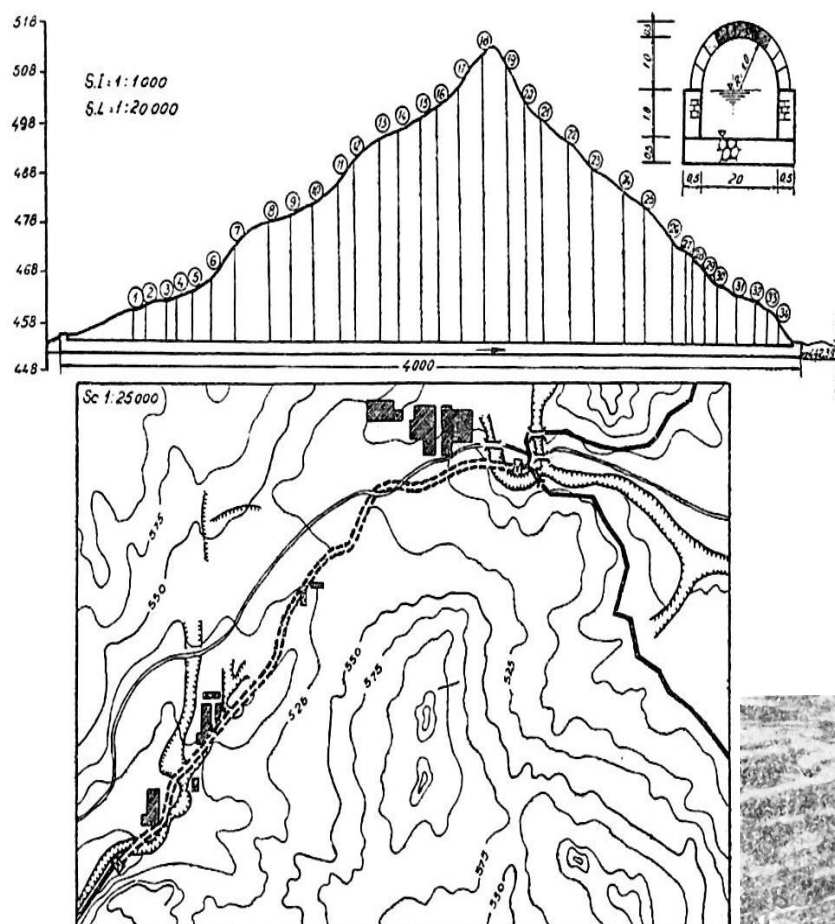


Fig. 3.41. Galerie – sector de legătură pe traseul unui canal de aducțiune

În fig. 3.42 se vede ansamblul unei văi amenajate, traversată pe toată lățimea de un apeduct din zidărie.

În S.I. Steagul Roșu, apeductele sunt folosite frecvent pentru realizarea canalelor de distribuție (cel puțin pentru tronsonul amonte), care pornesc din magistralele de pe versanți și alimentează cu apă versanții



Fig. 3.42. Apeducte sub formă de jgheaburi: a – cu un etaj; b – cu două etaje

și lunca, fiind echipate cu microhidrocentrale (fig. 3.44 și vezi fig. 3.37).

În comparație cu conductele forțate lungi, pozate după panta terenului, se pot evidenția o serie întreagă de avantaje ale canalului de distribuție tip apeduct:

- căderea utilă MHC se concentrează la capătul aval al apeductului, fiind complet folosită diferența de cotă a terenului. Dacă în cazul conductelor lungi apar pierderi mari de energie, deci o reducere a căderii utile, lungimea apeductului nu are nici o influență;

- se câștigă cotă dominantă față de terenul alăturat, terasat, suprafața irigată fiind mai mare.

În partea joasă a versantului, spre lunca, apeductele sunt continuate de canale, folosindu-se orice diferență de nivel, chiar de 1 m, pentru a se crea energie.

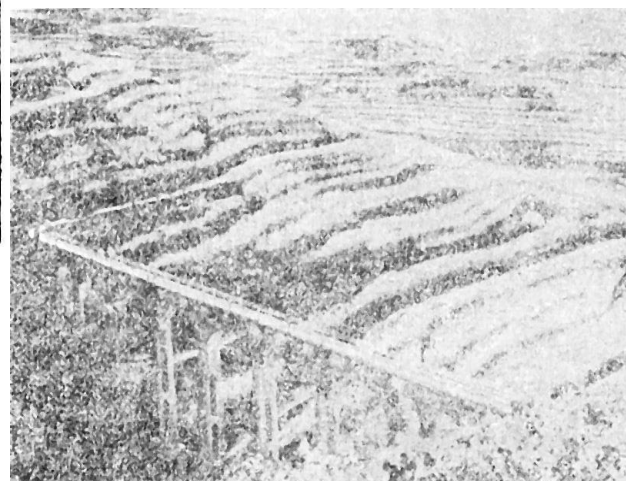
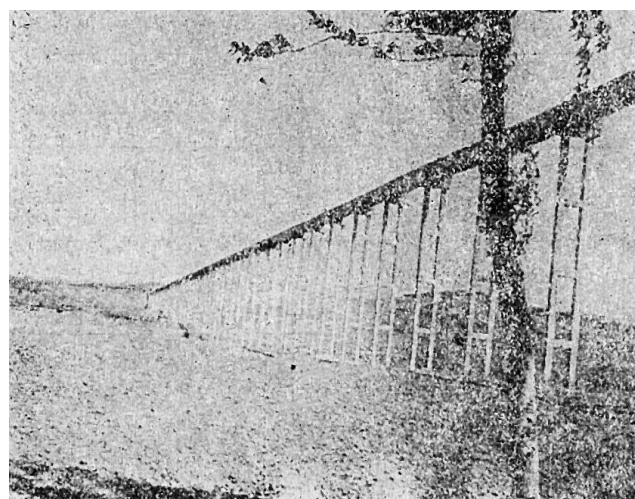


Fig. 3.43.a. Conducerea apei pe curbe de nivel, prin canale și apeducte



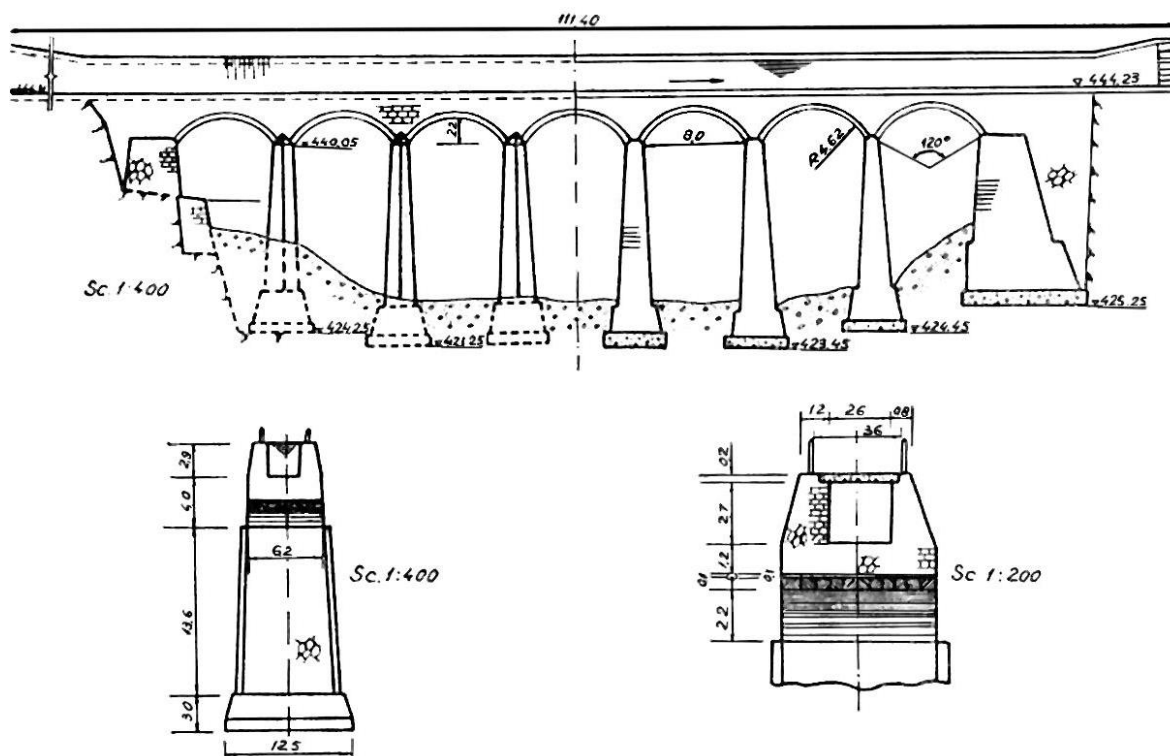


Fig. 3.43.b. Apeduct din zidărie – Tan-Iuan

Pe o astfel de derivație, alimentată din canalul Steagul Roșu (vezi și fig. 3.37), sunt amplasate 26 microhidrocentrale, ce valorifică căderi de 18-5-1 m, cu debite între 2-0,5 m³/s.

Primul tronson al canalului de distribuție este un apeduct cu lungimea de circa 500 m, cu panta $I < 1\%$, din care se irigă bilateral terase cultivate, cu lungimea de 75-100 m (v. fig. 3.44).

Panta medie a terenului este pe acest tronson de circa 4%.

La capătul aval al apeductului se află casa vanelor (din piatră) ce asigură funcționarea corespunzătoare pentru orice regim de debite, un bazin de compensare pătrat cu latura de 8 m și o cădere de circa 18 m care este valorificată de MHC 1, dotată cu 3 agregate (1 x 125 kW și 2 x 40 kW).

Secțiunea apeductului este dreptunghiulară, de aproximativ 1,5 m (b) x 2 m (h) și transportă circa 2 m³/s, preluată din canalul magistral ce transportă circa

14 m³/s printr-o secțiune dreptunghiulară de circa 6,5 m (b) x 3,5 m (h). Perimetrul este îmbrăcat în pereu de piatră, localnicii având o mare îndemânare în asemenea lucrări.

Următorul tronson, în lungime de aproximativ 4.000 m, urmărește panta terenului $I = (3-1)\%$, micro-

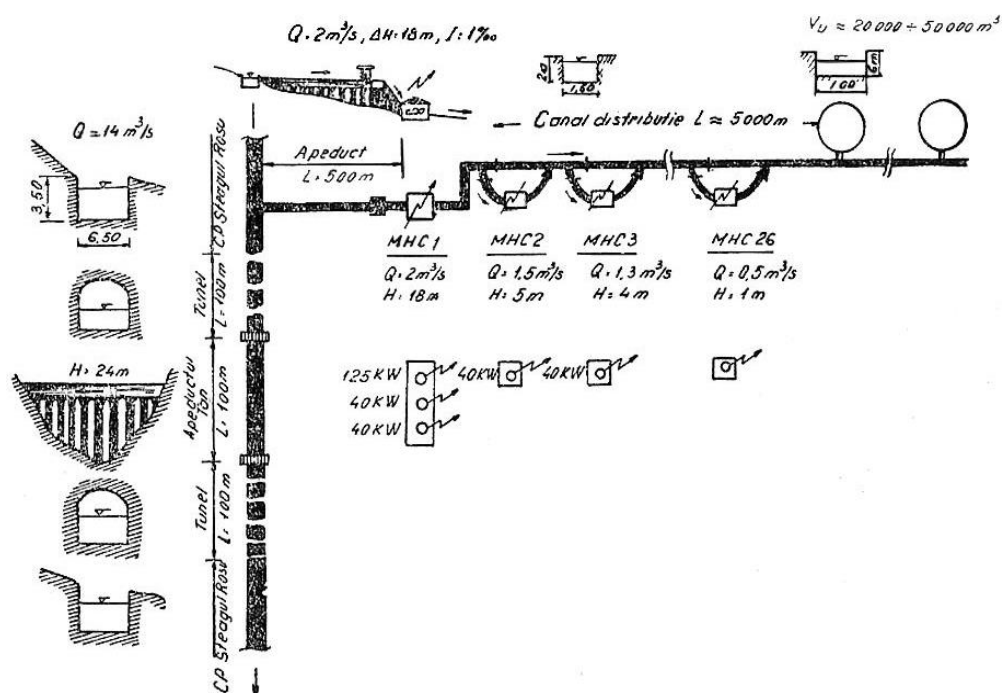


Fig. 3.44. Schema unui canal de distribuție cu microhidrocentrale și rezervoare-tampon (caracteristici principale constructive și hidrofuncționale)

hidrocentralele fiind amplasate pe canale ocolitoare (lateral dreapta) față de canalul de irigație; se folosește configurația terenului mai înalt decât zonele cultivate laterale, pentru a câștiga diferență de nivel (fig. 3.45). Lungimea canalului ocolitor este de circa 100-250 m, crescând odată cu reducerea pantei terenului.

Un sistem simplu de stavile plane din lemn, cu acționare manuală, amplasate în amonte de fiecare MHC permite asigurarea funcționalității irigației-hidro-energie, pentru fiecare regim de debite. Sunt valorificate căderi de circa 4-2 m, fiecare MHC având un agregat de 40 kW.

Ultimul tronson, la intrarea în luncă (MHC 26), valorifică o cădere de circa 1 m și un debit de aproximativ $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, panta terenului fiind aproximativ 0,5%, MHC are un mic agregat, protejat de o construcție ușoară.

Lunca este sistematizată și amenajată pentru irigații.

Apa ajunsă în luncă din cascada de microhidrocentrale și folosințele de pe versanți este integral valorificată în irigații.

Pentru intervalul de timp dintre udări și pentru a nu se pierde (evacua) din sistem, apa este acumulată în rezervoare circulare locale ($V \approx 20.000 \text{ mc}$) – rezer-

voare tampon (v. fig. 3.45).

Execuția rețelilor de distribuție, cu cascadele de microhidrocentrale aferente, s-a realizat în perioada 1972-1975.

Partea terminală a canalelor de aducțiune este echipată cu două descărcări: una frontală, prin devorsor (de siguranță) și una laterală ce conduce apa spre microhidrocentrala electrică.

Joncțiunea între canalele dominante de aducțiune, duse pe versanți la cote diferite, se face prin hidrocentralele electrice. În fig. 3.37 se vede joncțiunea părții terminale a Canalului Steagul Roșu cu Canalul Eroilor (situat la cotă superioară), prin două MHC.

Tehnica de amenajare și udare în aceste lunci este cea pentru fâșii ($L = 50 \text{ m}$, $l = 2 \text{ m}$), revărsare și brazde. Culturile sunt duble: grâu, după care vine porumbul sau gaoleanul.

Producțiile au fost estimate (14.V.1978) la 12600 kg/ha – grâu ($900 \text{ spice/m}^2 \times 20-30 \text{ boabe în spic} = 18000 \text{ b/m}^2$; cu $1000 \text{ b} \approx 70 \text{ gr}$, rezultă $1260 \text{ gr.b/m}^2 \approx 12600 \text{ kg/ha}$ prima cultură de grâu).

Acumulările locale, realizate în soluția rezervoarelor circulare (vezi fig. 3.37 și 3.45) abundă în cadrul acestei scheme hidrotehnice.

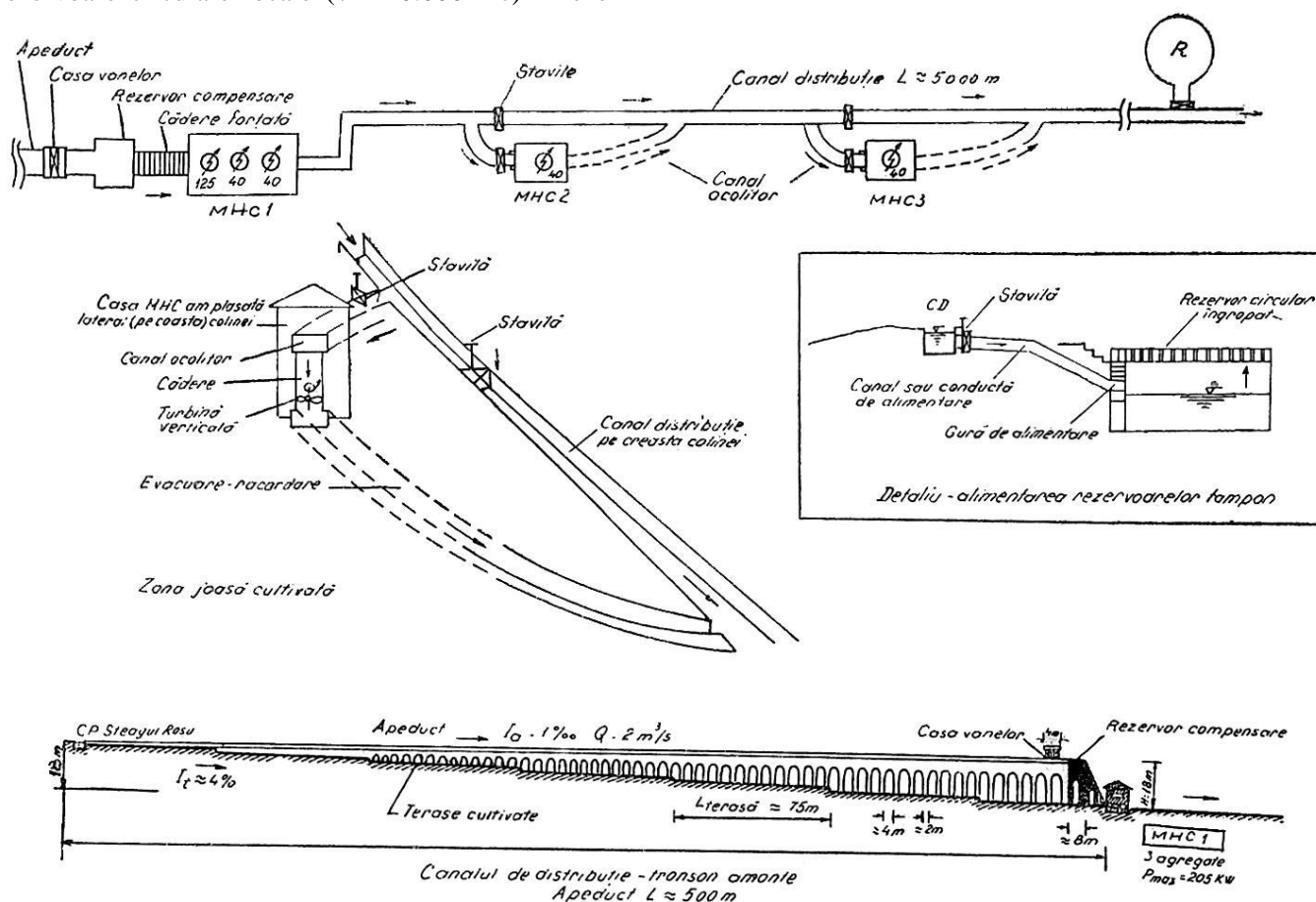


Fig. 3.45. Soluțiile amplasării M.H.C. și rezervoarelor (R) în lungul canalului de distribuție

3.4. MĂSURI PENTRU ASIGURAREA INDEPENDENȚEI ENERGETICE, ÎN EXPLOATAREA SISTEMELOR DE IRIGAȚII. EXEMPLE: SOLUȚII PROPUSE/STUDIAȚE ÎN ROMÂNIA – ZONA DE EST

(3.4.1 – AXAT PE RÂUL SIRET ȘI 3.4.2 – AXAT PE RÂUL PRUT)

3.4.1. EXEMPLU DE SCHEMĂ HIDROTEHNICĂ COMPLEXĂ ÎN SOLUȚIE GRAVITAȚIONALĂ PENTRU IRIGAȚII ȘI ALTE FOLOSINȚE AGRO-EDILITARE, CU INDEPENDENȚĂ ENERGETICĂ, ÎN ZONA CENTRALĂ A „PODIȘULUI MOLDOVENESC”

Studiu întreprins în cadrul Universității Tehnice (fost Institutul Politehnic) Iași, sub coordonarea **prof. dr. doc. ing. Valeriu Blidaru**

Prezentare generală

Amenajarea hidrotehnică a spațiului „Siret – Prut superior” se referă la teritoriul județului Iași și par-

țial al județelor Vaslui și Botoșani, zonele limitrofe dominând gravitațional o suprafață de 241.000 ha, din care 202.000 ha (deci 83%) pe teritoriul județului Iași.

Prin schema hidrotehnică a acestei amenajări se prevede asigurarea cu apă prioritar pentru irigații și într-o măsură suficient de mare și pentru alte sectoare ale economiei, cu independență energetică.

Întrucât majoritatea terenurilor preconizate a se iriga, prin acest mare complex hidrotehnic, aparțin județului Iași, s-a adoptat denumirea de „**Sistem Complex de Irigații Iași**”, care se încadrează în schema cadru de amenajare a spațiului Siret – Prut (fig. 3.46).

NOTĂ

Menționez, fără posibilitate de interpretare, că toate datele (tehnice, valorice, demografice, de echipamente, de eficiență economică și socială, de impact etc.) se referă la perioada 1980-1983.

Multe dintre aceste date fiind depășite (exemplu cele financiare-valorice ș.a.), totuși am considerat util să le prezint pentru comparații și repere.

Lucrarea elaborată la Catedra de Hidraulică și Hidroameliorații din Facultatea Hidrotehnică a beneficiat de o largă colaborare a specialiștilor ieșeni – din instituții și întreprinderi de profil, ca și din învățământul superior.

În diverse etape lucrarea a fost prezentată organelor de conducere din Departamentul Îmbunătățiri Funciare și C.N.A.

În faza finală a acestei etape, soluția a fost discutată, primind acordul specialiștilor din producție, cercetare și învățământ superior din Iași (la 11 și 13 iunie 1983).

Lucrarea înscrie următorii parametri:

- asigură cu apă, în aducțiune gravitațională, un teritoriu agricol (inclusiv sectoarele agro-zootehnice și centrele populate) de circa 200.000 ha, creându-i largi posibilități de dezvoltare și de protejare:

- irigând gravitațional peste 150.000 ha,

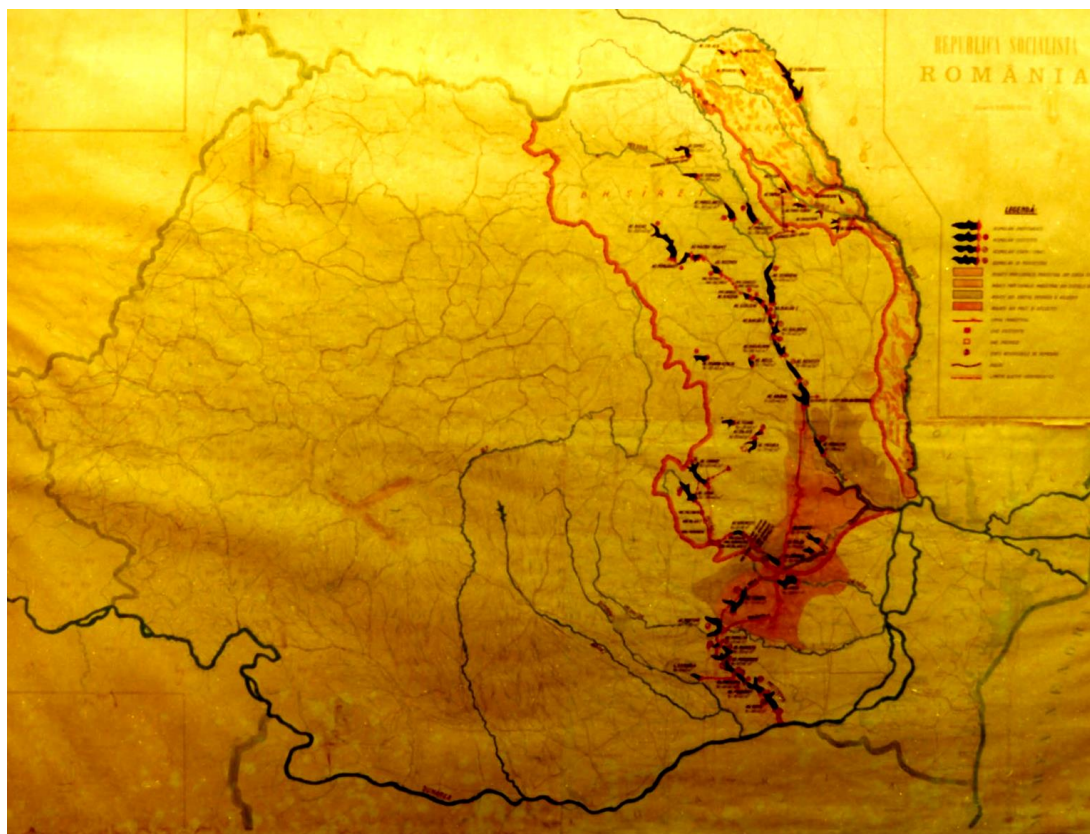


Fig. 3.46 (foto). Încadrarea Sistemului Iași în schema cadru „Siret-Prut”

- alimentând cu apă 19 complexe comunale (cu 35 comune),

- creând condiții de stocare și împropățare a apei în toate unitățile piscicole aflate în acest perimetru (peste 100 unități),

- creând o rețea de microhidrocentrale electrice pe întreg teritoriul dominat de sistemul de irigații: 71 buc. (64 pe canalele de distribuție intercomunale și 7 la galerii și baraje), cu perspectiva electrificării muncilor agricole în perioada de funcționare a acestor hidrocentrale (sezonul de irigații).

➤ asigură o bună protecție a mediului dominat de sistem, prin:

- prelevarea și valorificarea apelor uzate din procesul de irigare,

- protejând versanții de eroziuni, prin traversarea acestora de rețele de canale (paralele cu curba de nivel) delimitate de perdele de protecție și benzi anti-erozionale, ca și prin dezvoltarea unei vegetații corespunzătoare, sub protecția unui regim de irigare bine condus,

- prevenirea fenomenelor de inundare și colmatare a luncilor, zonelor joase, a lacurilor ș.a., printr-o sistematizare hidrolică-agrară impusă de structura schemei hidrotehnice județene (canale, lacuri principale și lacuri tampon, perdele, drumuri etc.),

- transportul unei ape de bună calitate, cu debit salubru, pe râurile ce străbat centrele populate (exemplu râul Bahlui),

- îmbunătățirea microclimatului întregului teritoriu, prin prezența unei vaste rețele de canale, acumulări la diverse cote, perdele de protecție etc.

➤ totodată se creează largi și multiple posibilități turismului și sporturilor nautice.

Aplicarea acestei soluții va face ca zona cea mai secetoasă din Podișul Moldovenesc (și chiar din țară), lipsită de apă și de energie, să se transforme într-o adevărată grădină, scoasă de sub efectul secetei și al lipsei de energie.

Soluția fiind unică în țară la această dată, atât ca:

- mare sistem de irigații gravitațional, cât și ca:

- un mare complex hidrotehnic teritorial-inter-județean care rezolvă problema apei pentru toate sectoarele economiei dominate de acest sistem, fără consum de energie, ci din contra cu producere de energie, a fost firească colaborarea și consultarea largă, pentru a se obține consens în această problemă.

Lucrarea se poate încadra în Schema planurilor de amenajare a b.h. Siret – Bahlui – Prut.

Cu privire la costul amenajărilor și la efectul economic, se precizează:

- pentru prima dată, la noi în țară, se atacă un asemenea complex de irigații pentru dealuri – versanți,
- costurile ridicate pentru crearea surselor de apă

sunt inevitabile în condițiile reliefului accidentat și al climatului secetos al zonei,

- tehnologia de execuție a rețelelor de canale, conducte, sectoare de legătură (galerii, apeducte, poduri – canale, sifoane etc.) se va înscrie într-o gândire nouă, recurgându-se în general la soluții de tip industrial (ex. jgheaburi – casete dreptunghiulare) pentru evitarea infiltrațiilor, atât de periculoase aici, soluție care va economisi și importante suprafețe de teren agricol ș.a.

Cele de mai sus conduc spre noi tehnologii, cu prețuri mai ridicate pentru sursele de apă, dar cu reveniri minime în procesul de exploatare, evitându-se pompările și repompările (de zeci și sute de metri) și vasta rețea de stații de pompare (electro- și moto-pompare), care în soluția clasică ar fi făcut aproape imposibilă irigarea unei suprafețe de 150-200 mii ha, în condițiile reliefului de aici. Relieful ar fi impus, în soluția clasică, suprafețe foarte limitate de irigare (de ordinul sutelor de ha în general), pe o stație de pompare, excepție făcând luncile.

Timpul de recuperare rezultat, la această etapă de studiu, de aproximativ 15 ani, dovedește eficacitatea și oportunitatea lucrării, cu toate condițiile speciale de execuție.

1° Problema irigațiilor, a alimentării cu apă a centrelor agro-economice (în județul Iași) și sursele de apă (în diverse soluții de transfer)

Județul Iași amplasat în zona secetoasă din estul țării, fiind străbătut de izolinia deficitului de apă mediu anual de 2.000 m³/ha, nu poate beneficia de o dezvoltare agricolă normală din lipsă de apă. Chiar în anii cei mai buni, din punctul de vedere al precipitațiilor, producția este limitată la cel mult 70% din potențial, pentru plantele cele mai puțin pretențioase.

Din cele 540.000 ha teren, cât deține județul Iași, 370.000 ha (decu aproximativ 70%) au folosință agricolă și reprezintă mijlocul de producție a cărei ameliorare și perfecționare va contribui la creșterea producției și veniturii județului Iași.

Cauzele producțiilor scăzute, chiar în anii buni, pe terenurile neirigate (2-3 t/ha cereale), față de potențial, rezidă în secetele din fiecare an (lunile iulie și august), care afectează culturile de toamnă precum și porumbul, floarea-soarelui, sfecla de zahăr și culturile furajere. Majoritatea toamnelor fiind secetoase, culturile de grâu și orz semănate nu reușesc să înfrățească și să se dezvolte normal pentru a putea valorifica din plin apa din sol, primăvara.

În cazul adăugării la secetele din vară și toamnă și a lipsei precipitațiilor din iarnă, atunci în profilul solului uscat (cu un deficit de 1.200-1.800 m³/an) culturile agricole nu-și pot găsi rezerva necesară de apă,

pentru a corespunde eforturilor depuse de agricultori, iar precipitațiile din primăvară, insuficiente și cu caracter torențial, sunt slab valorificate.

În afara acestor perioade secetoase, la intervale de 7-11-35 ani apar și ani secetoși, în grup de câte 2, de genul celor din 1945-1946, în care producțiile agricole sunt reduse la minimum.

În asemenea ani nu se pot asigura nici furajele pentru sectorul zootehnic, iar sursele locale de apă (izvoare – fântâni – pâraie mici – iazuri) seacă cu desăvârșire, afectând substanțial și populația satelor.

Pentru a se înțelege mai bine intensitatea efectului secetelor, trebuie subliniat că procentul redus al umidității relative a aerului atmosferic facilitează secetele atmosferice ale zonei, ce o situează pe primele locuri secetoase din țară.

Sursele de apă pe teritoriul județului sunt minime (fig. 3.47); cele mai importante cursuri de apă locale seacă în asemenea ani, iar cele subterane sunt neglijabile :

– R. Jijia – debit mediu lunar minim – 0,06 m³/s (pe VI-VIII, cu asig. 80%)

– R. Bahlui – debit mediu lunar minim – 0,13 m³/s (pe VI-VIII, cu asig. 80%)

– Pânzele subterane – 0,028 m³/s

Chiar și debitele medii anuale sunt destul de mici:

– R. Jijia – 3,49 m³/s

– R. Bahlui – 1,65 m³/s

Alimentarea cu apă a sistemelor de irigații realizate până în prezent în județul Iași ($S_i = 27.000$ ha, procent extrem de redus față de alte zone cu cerințe similare din țară) se face, în principal din râurile limitrofe județului (R. Siret, R. Prut și R. Moldova) și într-o mică măsură din apele interne (acumulări și cursuri de apă).

Situații similare prezintă și alimentarea cu apă potabilă – centralizată și industrială, care se face din surse aflate în afara județului (ex. Timișești – Neamț) sau la extremitățile acestuia – R. Prut și R. Siret.

Față de deficitul total de apă din județ ($540.000 \text{ ha} \times 2.000 \text{ m}^3/\text{ha} = 1,08 \text{ mld. m}^3/\text{an}$), stocul multianual utilizabil al resurselor proprii în ipoteza regularizării complete, care se estimează la 140 mil.m³/an, reprezintă abia aproximativ 15% din necesar.

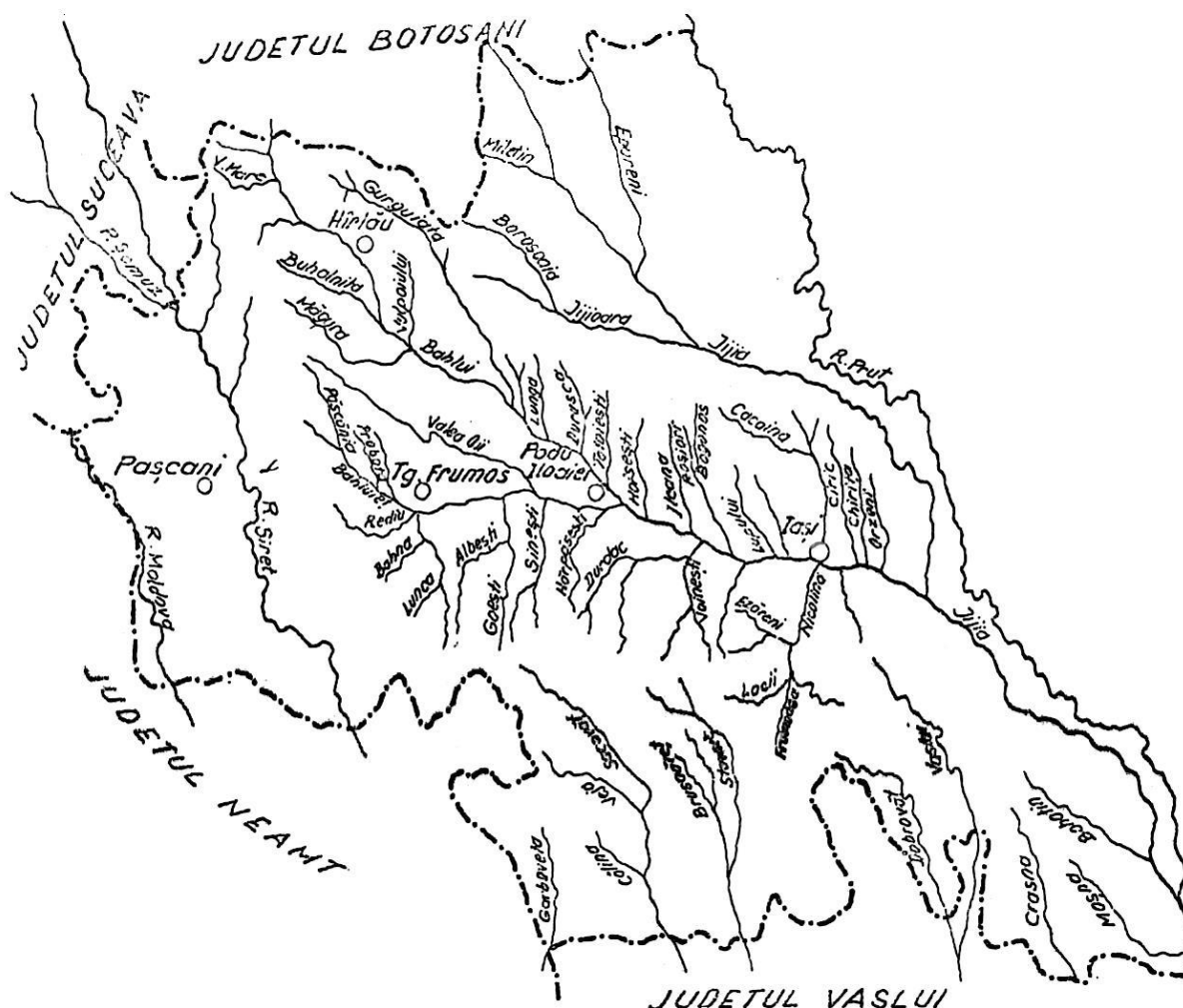


Fig. 3.47. Hidrografia Județului Iași

În această situație, „căutările” gospodarilor și specialiștilor din trecut, pentru a economisi și valorifica mai bine apa locală, ca și pentru a face transferul de apă din surse limitrofe spre interiorul județului, au înregistrat o serie de realizări, desigur la nivelul gândirii și tehnicii de atunci:

– încă din sec. XIV-XV au fost create zeci de iazuri piscicole (fig. 3.48) pentru reținerea apelor locale (județul Iași – b.h. Bahlui deține ponderea maximă pe țară în acest domeniu, dovedind și prin aceasta că se află în zona cu climatul cel mai capricios al țării),

– cu 50 de ani în urmă specialiștii constituiți în Grupul Hidrotehnic Român – G.H.R. (figură marcantă prof. Ion Andriescu Cale) au analizat soluția de transfer de apă din R. Siret spre R. Bahlui,

– ulterior, în perioada 1960-1977, alți specialiști de la Iași, București și Galați au analizat în mai multe variante două soluții de transfer de apă din R. Siret pentru județul Iași, prin intermediul R. Bahlui (fig. 3.49 a și b₁, b₂, b₃): S₁ – în regim neregularizat (R. Siret); S₂ – în regim regularizat (R. Siret).

➤ **Soluția S₁ – Regim neregularizat** (perioada de ape mari pe R. Siret), tranzitând spre Bahlui un debit de până la 5 m³/s cu înmagazinarea acestuia în-

tr-un lanț de acumulări cu pompări succesive. Priza de captare este preconizată în apropierea localității Rotunda (fig. 3.49 a), acumulările putând fi folosite și pentru piscicultură.

➤ **Soluția S₂ – Regim regularizat**, prin acumularea Cotu Domniței ($V_T = 35$ mil.m³ și $V_u = 30$ mil.m³); a fost studiată în mai multe variante (fig. 3.49 b₁, b₂, b₃).

1) S₂V₁ – priză cu nivel liber la Siret, aval de orașul Pașcani cu aducțiune prin galerie (V₁) și tot prin galerie, dar cu priză în acumularea Cotu Domniței (V'₁) – fig. 3.49 b₁.

2) S₂V₂ – priză prin pompare folosind soluția sistemului de irigații Ruginoasa – Heleșteni – fig. 3.49 b₂.

3) S₂V₃ – prin pompări cu aducțiune prin două ramificații – fig. 3.49 b₃; spre Bahluiet, prin sistemul Ruginoasa-Valea Rediu și spre Bahlui, prin sistemul Ruginoasa-Valea Măgura.

4) Sinteza ultimelor variante a condus I.C.P.G.A. București să prevadă derivația Siret-Bahlui din acumularea Cotu Domniței, acumulare realizată între 1986 și 1990 cu $V_T = 35$ mil. m³ și $V_u = 30$ mil. m³.

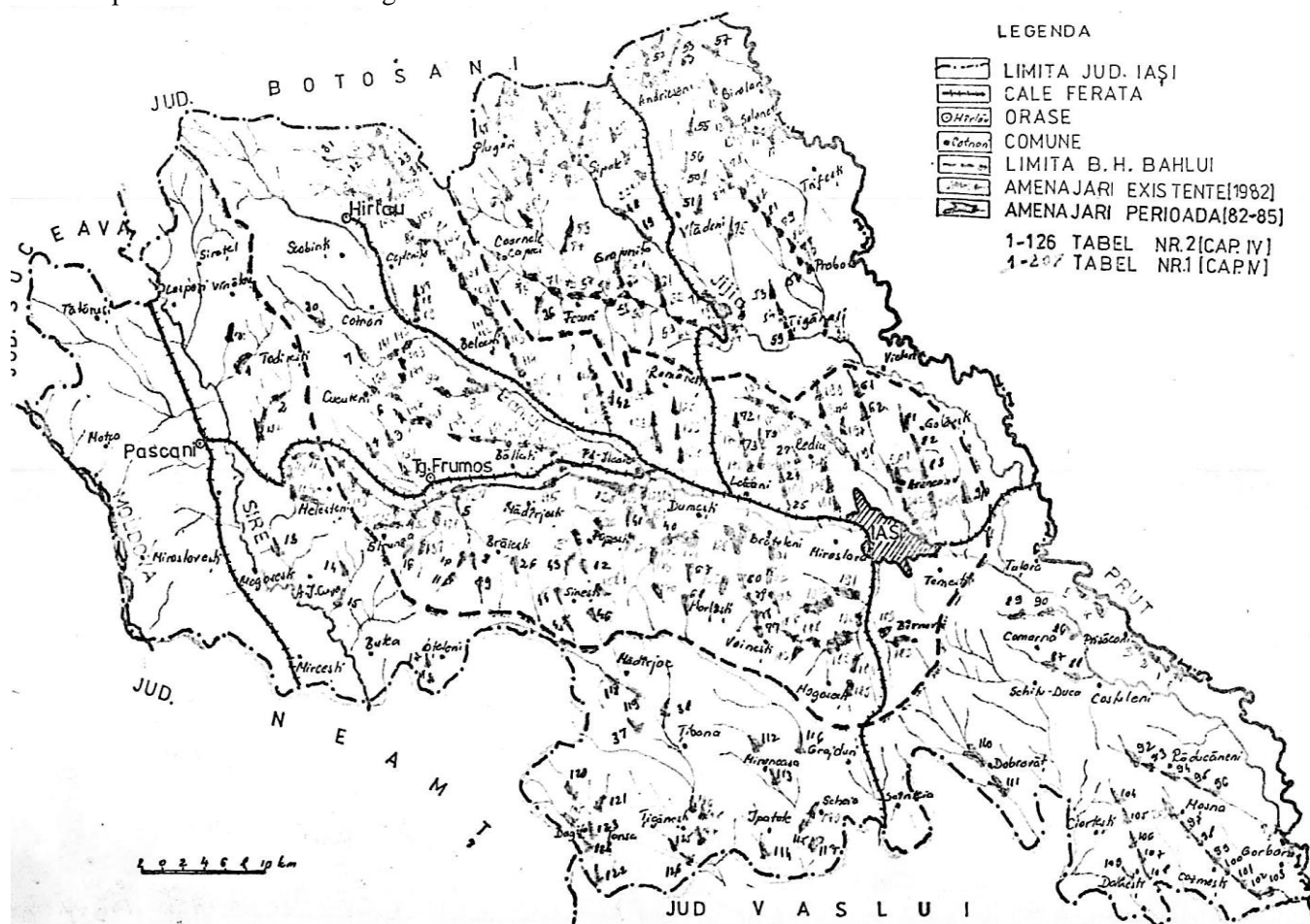


Fig. 3.48. Iazurile piscicole și acumulările vechi și noi în județul Iași

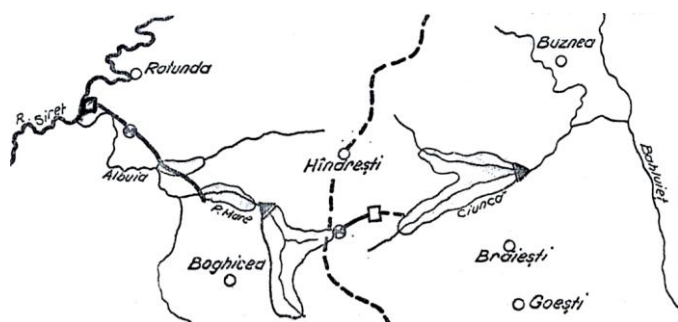


Fig. 3.49.a. Derivația Siret – Bahluiet (Priza Rotunda)

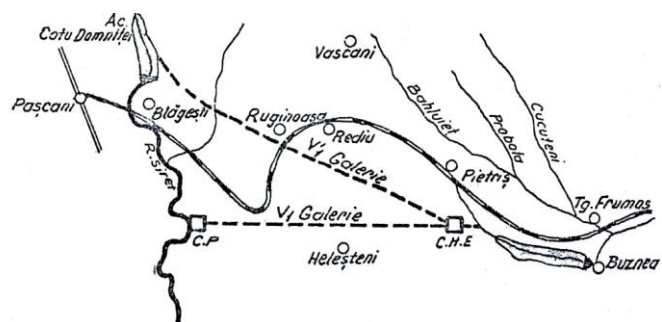


Fig. 3.49.b1. Priza de captare gravitațională aval Pașcani (V1) și din Acumularea Cotu Domniței (V'1)

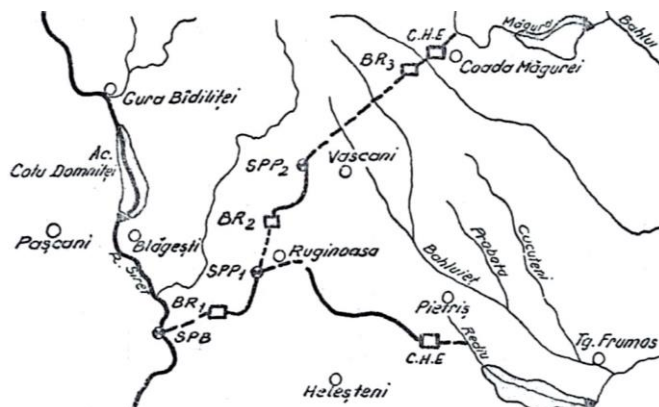


Fig. 3.49.b2. Aducțiune pe traseul Ruginoasa – Bahluiet



Fig. 3.49.b3. Aducțiune prin ramificațiile Bahlui și Bahluiet

Derivația în lungime de 14 km este prevăzută a se realiza prin galerie, tranzitând gravitațional (după I.C.P.G.A. – transmis prin O.G.A. Iași):

- fie un debit de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ și cu posibilități de a se iriga 10.000 ha (V – I),
- fie un debit de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, fără irigații din acumulare (V – II).

Este prevăzută de asemenea realizarea unei microhidrocentrale și eventual a unei acumulări pe R. Măgura în zona comunei Cotnari.

2° Soluția unui sistem de irigații teritorial Iași, cu aducțiuni și distribuții gravitaționale și cu producere de energie

Analizându-se soluțiile (S_1 și S_2) cu variantele prezentate, pe un plan schematic transversal prin secțiunea R. Moldova – R. Siret – R. Bahlui – R. Prut, se reliefează cu ușurință observația fundamentată energetic, la 15 septembrie 1977, când în laboratorul de Irigații și Drenaje – Fac. Hidrotehnică – Inst. Politehnic Iași, au fost discutate problemele fondului funciar-irigațiilor și apelor în jud. Iași (fig. 3.50).

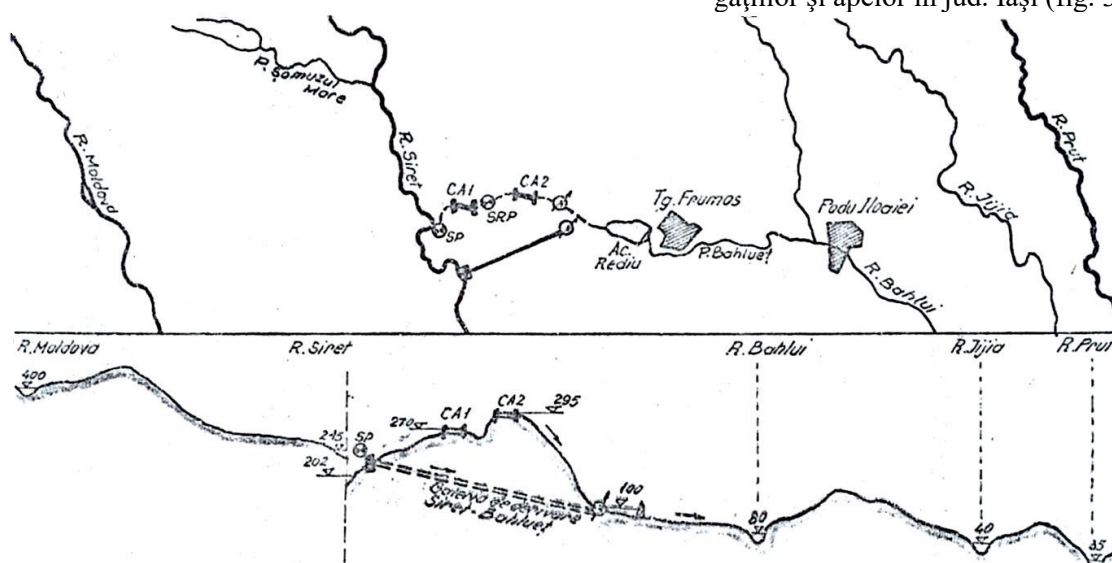


Fig. 3.50. Schema transferului apei din R. Siret în R. Bahlui și posibilități de irigații

Analiza întreprinsă asupra soluțiilor de transferul apei din Siret pentru irigarea teritoriului jud. Iași și alimentarea cu apă a acestuia a avut în vedere în primul rând aspectele de ordin energetic, care pentru specialiști la acea dată (1977), nu erau atât de presante, ca în prezent.

S-au luat în considerare în studiul întreprins și soluții de transferuri, aducțiuni și distribuții gravitaționale și cu producere de energie-asemănător soluțiilor date la sistemele mari zonale de irigații din alte țări (ex. Bulgaria, China ș.a.), cu avantajele ce le prezintă:

- contribuții la creșterea independenței energetice,
- reducerea suprafețelor scoase din circuitul agricol prin lucrări hidrotehnice și alte construcții aferente,
- gospodărirea judicioasă a apelor și a fondului funciar, cu protecția cantitativă și calitativă a resurselor de apă,
- asigurarea independenței producțiilor agricole față de secete, prin irigarea totală a terenurilor agricole din sudul și estul țării.

În această viziune s-a conceput soluția unui sistem complex de irigații, cu aducțiuni și derivații gravitaționale și cu producere de energie (fig. 3.51).

Reluându-se în fig. 3.52 caracteristicile reliefului, cu raportul de cote dintre diferitele râuri interesate în această soluție, se poate urmări – comparativ cu soluțiile anterioare (fig. 3.49 și 3.50) – importanța și independența energetică și de alimentare cu apă gravita-

onal a teritoriului județului Iași, care se asigură prin noua soluție (colectiv prof. Valeriu Blidaru).

Problema constă în realizarea transferului de apă din R. Siret (cu suplimentarea din R. Moldova) în b.h. Bahlui, la asemenea cote încât să se asigure distribuția gravitațională a apei prin canalele magistrale trasate pe versanți, la cote dominante.

Din aceste magistrale (C.M.₁ și C.M.₂) vor porni canalele de distribuție care, tot gravitațional, vor asigura cu apă și energie (de sezon) sectoarele și ploturile de irigații, precum și centrele agricole – comunele și satele, cu sectoarele zootehnice.

Deci, sistemul zonal de irigații include captări (din râuri și de sub albie), transferuri de apă prin canale, galerii, apeducte, conducte, rețele de microhidrocentrale electrice și rețele centralizate de alimentare a centrelor agro-zootehnice, precum și amenajările interioare pentru irigații, combaterea eroziunii solului, drenaje, amenajări silvice etc.

În urma analizelor la sc. 1/50.000 și 1/25.000 și în baza datelor statistice și de calcul, au fost reținute numai posibilitățile alimentării și irigării gravitaționale ($S = 200.000$ ha), inclusiv aprovizionarea cu apă (și energie sezonieră) a 36 comune – centre agro-zootehnice, concentrate în jurul a 19 surse de alimentare cu apă, constituite prin intermediul unor acumulări locale, înscrise în soluția sistemului de irigații gravitațional.

Sistemul complex de irigații județean, alimentat centralizat, este constituit din următoarele ansambluri (vezi fig. 3.51):

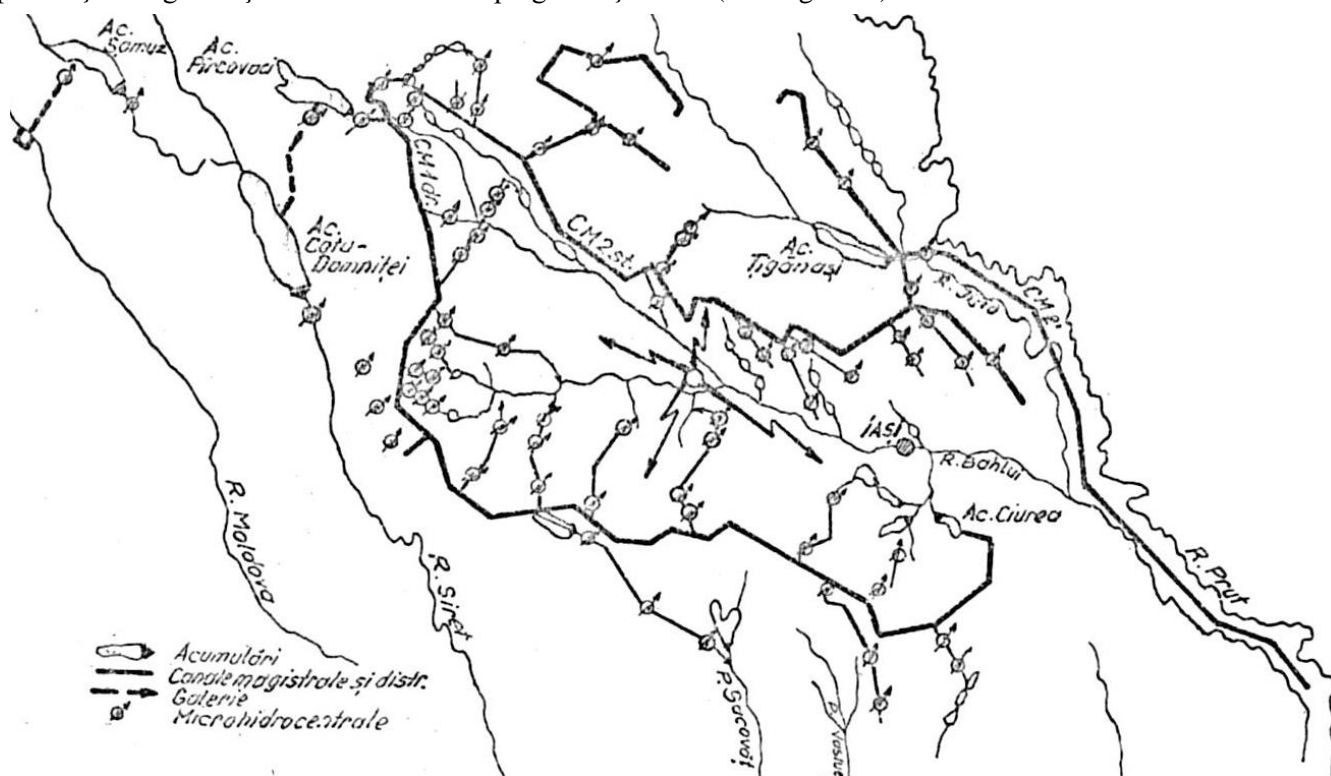


Fig. 3.51. Schema Sistemului Județean de Irigații cu producere de energie

Sursa de apă o va constitui *Acumularea Pârcovaci*, amplasată la cote dominante (210 m), față de suprafața irigabilă (cu cote de 35-180 m). Această acumulare (secțiune cheie a sistemului) redimensionată, sau transferată pe un amplasament cu posibilități mult mai mari (stabilitate de stocare), va primi apă prin transfer gravitațional din R. Siret (prin intermediul Acumulării Cotu Domniței – cota 215) cu o eventuală suplimentare (tot gravitațională) din R. Moldova (cota 280). În fig. 3.51 și 3.52 se poate urmări poziția sursei și modul de transfer al apei pentru suplimentare (volum anual mediu de 400 milioane m³). Anexa A înscrie vederile organelor locale de ape – D.A. Prut și O.G.A. Iași, în problema surselor de apă pentru alimentarea Sistemului de irigații județean.

Sistemul județean de irigații folosește drept artere principale (vezi fig. 3.51 și 3.52): două canale magistrale (C.M₁ și C.M₂) trasate pe cotele dominante ale versanților drept și stâng ale râului Bahlui (la cote de 180-170 m), astfel ca să se asigure distribuția gravitațională a apei pe cele 31 canale intergospodărești, pentru o suprafață agricolă de 200.000 ha, dominată gravitațional, din care sunt identificate pentru irigații 150.000 ha (tabelul 3.20 și fig. 3.53) și anexa I.

Prin intermediul celor 31 canale de distribuție se va putea asigura – total sau parțial – apa necesară pentru alimentarea sectoarelor zootehnice și comunelor aflate sub incidența sistemului de irigații.

Volumul de apă pentru irigații și alimentarea sectorului agro-zootehnic, necesar a fi derivat, a fost reținut la 400 mil. m³ din următoarele considerente :

- nivelul actual (și în viitorul apropiat), de echipare al râurilor – surse de apă (Siret și Moldova) – nu permit un stoc de transfer prea mare,
- condițiile de înmagazinare a apei transferată în b.h. Bahlui sunt limitate în prezent din punct de vedere economico-teritorial, precum și tehnic,
- suprafața dominantă gravitațional prin derivațiile celor două magistrale ce pleacă de la Ac. Pârcovaci este estimată la aproximativ 200.000 ha.

Urmărind ca prin acest sistem hidrotehnic județean să se asigure cel puțin deficitul natural de 2.000 m³/ha apă, rezultă 400 mil. m³ volum minim de transferat, luându-se în considerare și valorificarea a circa 50% din stocul mediu multianual al râurilor locale (Jijia și Bahlui), deci circa 70 mil. m³, care va fi folosit în general pentru acumulările locale comunale.

O bună gospodărire a volumelor de apă derivate (400 mil. m³ / an) va permite irigarea a min. 150.000-190.000 ha (la cerințe de vârf) și alimentarea sectoarelor agricole (zootehnic, piscicultură, populația comunelor și satelor) din cele 200.000 ha dominate.

Acumulările locale vor asigura și o elasticitate în exploatarea marelui sistem județean de irigații, îndeosebi din punct de vedere al soluțiilor de automatizare.

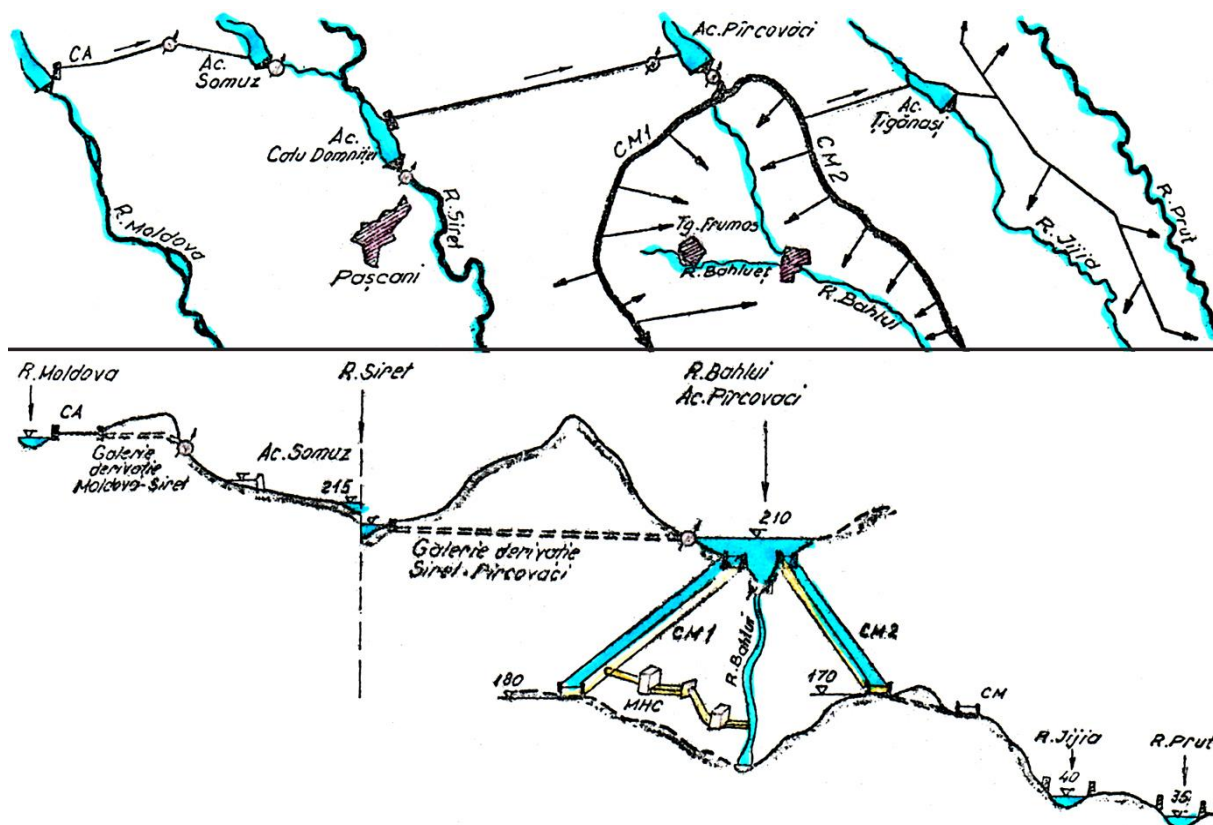


Fig. 3.52. Schema transferului apei din R. Moldova → R. Siret → R. Bahlui, în soluția gravitațională prin acumularea Pârcovaci

Tabelul nr. 3.20. Rețeaua de canale de irigații – magistrale și de distribuție – cu suprafețele aferente irigabile

Canalul magistral dreapta CM ₁	Tronson	Lungime tronson (km)	Q tronson (m ³ /s)	Canalele de distribuție CD	Suprafața irigabilă (ha)	Q CD (m ³ /s)	Canalul magistral stânga CM ₂	Tronson (km)	Lungime tronson (km)	Q tronson (m ³ /s)	Canalele de distribuție CD	Suprafață irigabilă (ha)	Q CD (m ³ /s)
CM ₁	I	16	30,55	CD1	2900	1,45	CM ₂	I	17,5	26,65	CD ₁	125	0,07
CM ₁	II	16	29,10	CD2	2000	1,00	CM ₂	II	16,5	26,58	CD2	2310	1,17
CM ₁	III	6,5	28,10	CD3	5100	2,55	CM ₂	III	10,5	25,41	CD3	15275	7,64
CM ₁	IV	4,0	25,85	CD4	6100	3,05	CM ₂	IV	12,0	17,77	CD4	7000	3,49
CM ₁	V	6,5	22,80	CD5	400	0,20	CM ₂	V	30,0	14,28	CD5	750	0,38
CM ₁	VI	2,0	22,80	CD6	600	0,30	CM ₂	VI	3,0	13,90	CD6	4600	1,30
CM ₁	VII	2,0	22,30	CD7	7000	3,50	CM ₂	VII	7,0	12,60	CD7	4000	1,85
CM ₁	VIII	10,5	18,45	CD7	4200	2,10	CM ₂	VIII	13,0	10,75	CD8	2000	1,00
CM ₁	IX	7,0	16,35	CD8	700	0,35	CM ₂	IX	12,0	9,75	CD9	3700	1,50
CM ₁	X	26,00	15,00	CD9	4200	2,10	CM ₂	X	3,0	8,25	CD10	3600	1,80
CM ₁	X	(26,00)	15,00	CD10	3500	1,75	CM ₂	XI	15,0	6,45	CD11	4900	2,45
CM ₁	X	(26,00)	15,00	CD11	4500	2,25	CM ₂	XII	12,5	4,00	CD12	8000	4,00
CM ₁	X	(26,00)	12,75	CD12	4100	2,05	TOTAL I		160,0	–	–	56300	
CM ₁	XI	11,00	10,70	CD13	1800	0,90	CM ₂ Țigănași – Gorban		11,0	11,0	CD13	22000	11,00
CM ₁	XII	9,00	9,80	CD14	8000	4,00							
CM ₁	XIII	20,00	15,80	CD15	12400	3,70							
CM ₁	XIV	11,00	2,10	CD16	1800	0,90							
CM ₁	XV	11,50	1,20	CD17	1400	0,70							
CM ₁	XV	(11,50)	0,50	CD18	1000	0,50							
Total SUPRAFAȚA IRIGATĂ					71700	-	Total SUPRAFAȚA IRIGATĂ					78300	
TOTAL SUPRAFAȚA IRIGATĂ = 150.000 ha													

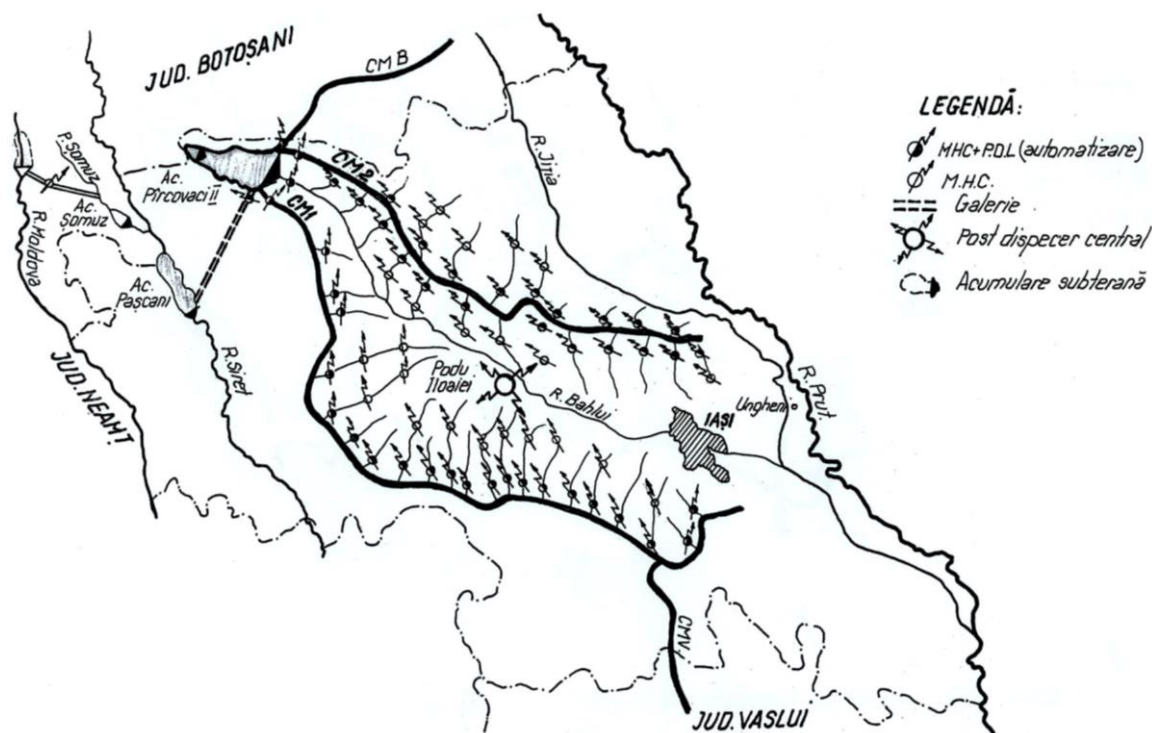


Fig. 3.53. Schema hidrotehnică de tip gravitațional și producere de energie „Iași – Vaslui – Botoșani”

În fig. 3.54 se dă un exemplu de schemă de rețea pentru o grupă de comune alimentate dintr-o sursă creată printr-o acumulare locală, legată în lanțul sistemului de irigații.

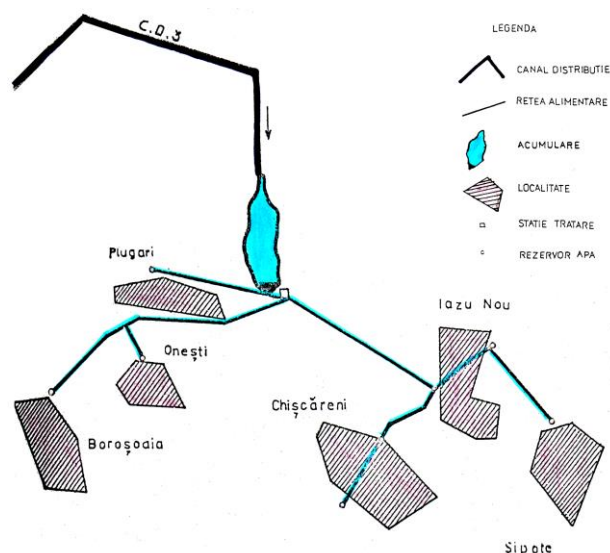


Fig. 3.54. Exemplu de alimentare cu apă a unui complex (grup) agro-zootehnic, racordat la Sistemul de irigații județean (din CD 3) – Complexul Șipote

3° Situația irigațiilor în mai 1983 (dată reper de plecare)

În lumina celor prezentate și a statisticilor, județul Iași necesită o suprafață irigabilă de circa 190.000 ha.

Repartiția acestei suprafețe se regăsește :

- 141.000 ha în cadrul sistemului județean de irigații propus și
- 49.000 ha în afara schemei hidrotehnice a acestui sistem județean.

Amenajarea sistemelor de irigații în perioada 1983-1990 a fost prevăzută a evolua după cum urmează:

Nr. crt.	Perioada	Suprafața (ha)	din care :	
			în cadrul sistemului județean	în afara acestui sistem
1.	până la 30.V.1983	27.322	-	27.322
2.	30.V. – 31.XII.1983	10.964	-	10.964
3.	1984	11.600	11.600	-
4.	1985	27.266	-	
5.	1986-1990	112.700	112.700	
TOTAL:		189.852	141.000	48.852

Rezultă în situația de mai sus că în perioada 1984-1985 și 1986-1990 erau necesare pentru irigații 151.566 ha, din care în sistemul județean de irigații 141.000 ha și în afara schemei hidrotehnice 10.566 ha.

În condițiile în care nu se promovează soluția unei scheme unitare județene de irigații rezultă că în județul Iași suprafața maximă irigabilă din actualele surse de apă nu poate să depășească 70.000 ha, cu aducțiuni extrem de grele, prin pompări și repompări, pe

suprafețe mici și cu mari dificultăți de exploatare.

În cazul realizării acestui sistem județean și o mare parte din suprafețele aflate în prezent sub regim de irigații (prin pompare) vor fi incluse în aducțiunile gravitaționale, cu condiții optime de exploatare.

4° Situația surselor de apă ale județului Iași și modul preconizat de alimentare al sistemului

Județul Iași este străbătut de mai multe râuri :

a / La est curge R. Prut, care va mai constitui o sursă dominantă de apă în soluția schemei propusă, pentru două motive:

– altimetric ocupă zonele cele mai joase ale județului (cote de 35-30 m), care ar reclama pentru irigații numai soluții prin pompări și repompări și

– ca debit disponibil este limitat prin protocolul „Acumulării Stânca-Costești” la irigarea a 70.000 ha pentru partea română (jud. Botoșani, Iași, Vaslui, Galați).

Acest potențial este deja avizat, iar o eventuală suplimentare pentru partea română, sau o probabilă reducere a asigurării în scopul creșterii suprafeței irigabile, ar fi preluată în primul rând de județul Botoșani, care nu are alte surse de apă și pentru care sunt deja elaborate proiecte de suplimentare (I.S.P.I.F. – 30.000 ha).

b / În zona cea mai secetoasă a județului Iași cuprinsă între Iași – Strunga – Hârlău și Bivolari, se află cele mai bune soluri cu productivitate potențială mare.

Această zonă este brăzdată de râurile Jijia și Bahlui, râuri de stepă, cu debite mici, salinizate și care în perioadele de secetă scad mult, încât nu pot asigura nici apa necesară irigațiilor grădinilor de legume de pe malurile lor.

c / În partea de vest a județului curg râurile Siret și Moldova, râuri care au debite mai mari, iar în timpul viiturilor au debite foarte mari, care provoacă inundații. Totodată aceste râuri curg pe lunci înalte, cu cote dominante față de stepa Jijia-Bahlui.

Astfel, Moldova la Moțca are cota luncii la 210,00 m, cu circa 40 m superioară vârfurilor dealurilor și platourilor de la Hârlău la Bivolari și de la Hârlău la Iași, culmi care scad de la 180 m la 150 m la est de comuna Holboca, ajungând în luncă la 38-32 m (Gorban).

Pentru alimentarea cu apă, gravitațional, a unei suprafețe de circa 200.000 ha teren agricol, situat în zona secetoasă Iași – Strunga – Hârlău – Bivolari, cu o normă minimă de irigație de 2000 m³/ha (la asigurarea de 50%), sunt necesari 400 milioane m³ apă anual.

Dezvoltarea zootehniei județului Iași, ca și alimentarea cu apă a comunelor întâmpină greutăți din cauza lipsei surselor de apă subterane.

Geologic, teritoriul județului Iași este format din marne și argile sarmatice acoperite parțial cu un orizont de luturi și nisipuri cuaternare, cu o pânză subțire de apă, alimentată din precipitații și care în anii secetoși scade până la secare, oamenii care au case pe versanții dealurilor trebuind să-și aducă apa cu găleata de la fântânile situate pe lunci.

Zonele de lunci au o pânză de apă ceva mai bogată decât pe versanți, care prezintă însă multe săruri spălate de pe marnele salifere ale dealurilor. După normele în vigoare multe din apele acestor fântâni sunt nepotabile; neavând altă apă mai bună, oamenii satelor folosesc apa acestor fântâni.

Luncile râurilor Moldova și Siret au câte o pânză subterană bogată și care dau debite însemnate.

La fel și lunca râului Prut are o pânză subterană mai bogată, însă este potabilă numai parțial. Dintre aceste trei lunci numai apa subterană a râului Moldova și a afluenților săi are debite mari și de calitate foarte bună; apele subterane ale Siretului și Prutului conțin multe săruri și au o duritate ridicată, încât conform STAS-ului sunt nepotabile fără tratare prealabilă.

În concluzie, pentru dezvoltarea zootehniei și ridicarea gradului de civilizație a satelor, se impune alimentarea cu apă centralizată a majorității zonelor agricole din județ.

Această alimentare cu apă necesită un volum anual de circa 50,0 mil. m³, volum care se va aduce parțial (20 mil.) cu ajutorul schemei gravitaționale, diferența asigurându-se din resursele interne ale județului.

Rezultă că pentru dezvoltarea agriculturii județului Iași în perspectiva anilor 2020 este necesar a se aduce din bazinele hidrografice ale râurilor Siret și Moldova, un volum mediu anual minim de 400 mil. m³ apă.

În secțiunea Lespezi (amonte de orașul Pașcani) râul Siret are un debit multianual de 26 m³/s, la care corespunde un volum anual de 820 mil. m³ apă.

Pentru alimentarea cu apă a celor 200.000 ha (inclusiv zootehnia, piscicultura și populația), la nivelul anilor 2000 și 2020 se propune transferarea gravitațional a unui volum de 400 ml. m³ din R. Siret și R. Moldova. Întrucât în prezent apa râului Siret nu are calități bune la debitele mici de vară, se propune ca majoritatea debitelor (peste 90%) să fie transferate în perioadele apelor mari și de viitură (fig. 3.55), iar din R. Moldova, un debit constant.

În felul acesta volumele care se prelevează vor avea o poluare minimă și măluri foarte puține.

De menționat că pe râul Siret, în amonte de județul Iași, există două acumulări (la Bucecea și Rogojesti) care decantează apele și lungesc perioada de viitură, ceea ce favorizează captarea unui volum cât mai mare de apă spre județul Iași.

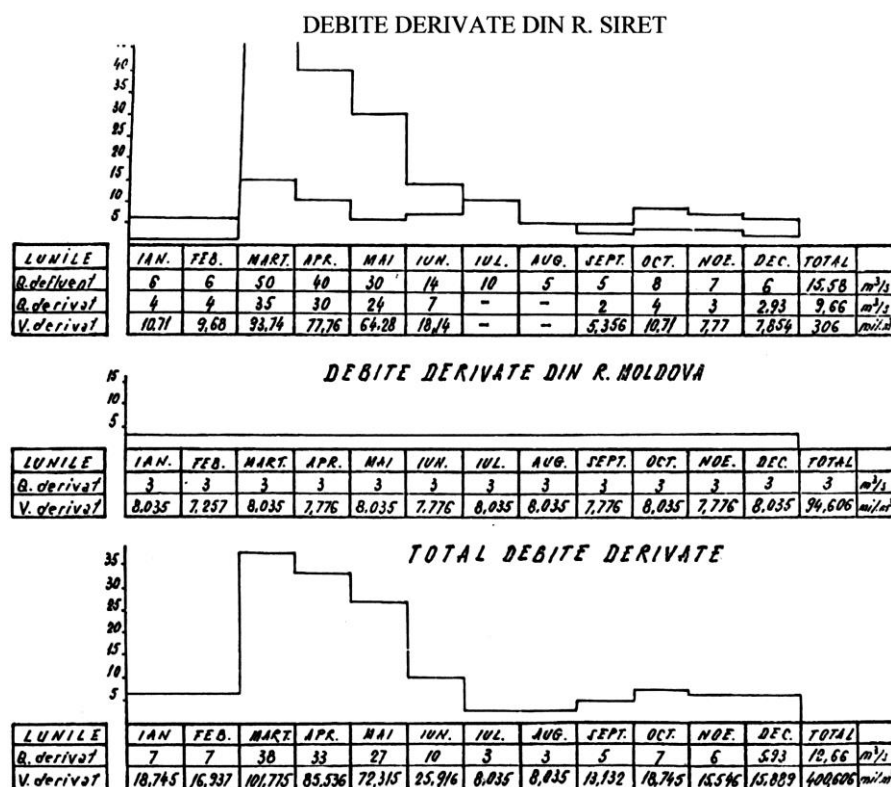


Fig. 3.55. Debite derivate din R. Siret și R. Moldova, inclusiv totalul acestora

5° Prezentarea schematică a elementelor principale ale surselor de apă și ale sistemului de irigații Iași

Schema sistemului de irigații Iași cuprinde un complex de acumulări, galerii de trecere a apei dintr-un bazin în altul, două canale magistrale (CM₁ și CM₂) amplasate pe pantele dealurilor, o rețea de canale și conducte de distribuție, uzine mai mici sau mai mari hidroelectrice și acumulări mici locale, pentru înmagazinarea apei necesare alimentării cu apă a populației, zootehniei și pisciculturii din zona respectivă (pe cca. 200.000 ha).

De asemenea, schema mai cuprinde amenajările ploturilor de irigații de pe platourile și pantele dealurilor, precum și lucrările de drenaj, de combatere a eroziunii solului (din zonele irigate cu pante mai mari de 5-6% și a zonelor învecinate sistemelor de irigații, de la baza versantului și până la culmea de separație

dintre bazinele hidrografice învecinate), perdele de protecție și alte măsuri de valorificare optimă complexă a apei, pe un teritoriu vast.

Datele caracteristice ale fiecăreia din lucrările schemei sunt următoarele (fig. 3.56):

a. Derivația din R. Moldova spre R. Siret (Cotu Domniței – Pașcani).

Râul Moldova poate asigura derivarea unui debit anual constant de 3 m³/s, echivalând cu un volum anual de 94 mil. m³, pentru suplimentarea apelor R. Siret pentru județului Iași.

Captarea, care va afecta îndeosebi pânzele subterane ale R. Moldova, se poate realiza printr-un baraj subteran (fig. 3.57), de unde apele vor fi dirijate spre Siret (Cotu Domniței), prin intermediul unui canal ($L = 2$ km), unei galerii ($L = 3$ km), prin albia P. Brădățel și P. Șomuz de unde ajung în Siret, la coada lacului Cotu Domniței.

Pe traseul galerie – P. Brădățel se va intercala și o microhidrocentrală electrică.

b. Acumularea Cotu Domniței pe R. Siret

Această acumulare a fost studiată în anii 1981-1982 de către I.C.P.G.A. București, la nivel de studiu de amplasament. Totodată s-au studiat și proiectat de către I.S.P.I.F. București și I.G.E.C.O.T. București lucrările de combatere a eroziunii solului în bazinele hidrografice ale pâraielor Valea Magaziei din comuna Proboata, Valea Trestioara, Valea Conțeasca și pâraul Sirețel.

Prin prelevarea acestor volume de apă din R. Siret și R. Moldova, în timpul viiturilor și stocarea lor în acumulările Pârcovaci (care se va putea extinde după consolidările necesare ale versanților și cuvei), Țigănași (care se propune) și altele care se vor mai crea pentru irigații, precum și în acumulările și iazurile piscicole și cele preconizate pentru alimentarea cu apă a populației și zootehniei, se va asigura o folosire judicioasă a stocurilor de apă ale acestor râuri.

Alimentarea cu apă a acumulărilor mici pentru grupele de comune și zootehnie, ca și pentru rețeaua de iazuri piscicole se va face gravitațional, apa din Siret și Moldova trecând și decantându-se în prealabil prin acumularea Cotu Domniței, după care va fi dirijată prin intermediul unei galerii în acumularea Pârcovaci, centrul vital al sistemului teritorial de irigații.

Din acumularea Pârcovaci o parte din volumele de apă este dirijată în timpul viiturilor, pe cele două canale magistrale (CM₁ și CM₂) spre acumulările locale, care vor asigura apa necesară pentru alimentarea populației și zootehniei, inclusiv pisciculturii.

La ieșirea apei din acumularea Pârcovaci (cota 170-180 m) apa este uzinată, aerată, încălzită. La rândul lor și acumulările locale, care se umplu la viituri, asigură aerarea și epurarea naturală a apei, până la consumul eșalonat.

În acest context întregul mediu ambiant va beneficia de condiții ecologice optime.



Fig. 3.56 (foto). Modelul schemei hidrotehnice a S.I. Iași. Laboratorul de Irigații și Drenaje al Facultății de Hidrotehnică – Institutul Politehnic Iași

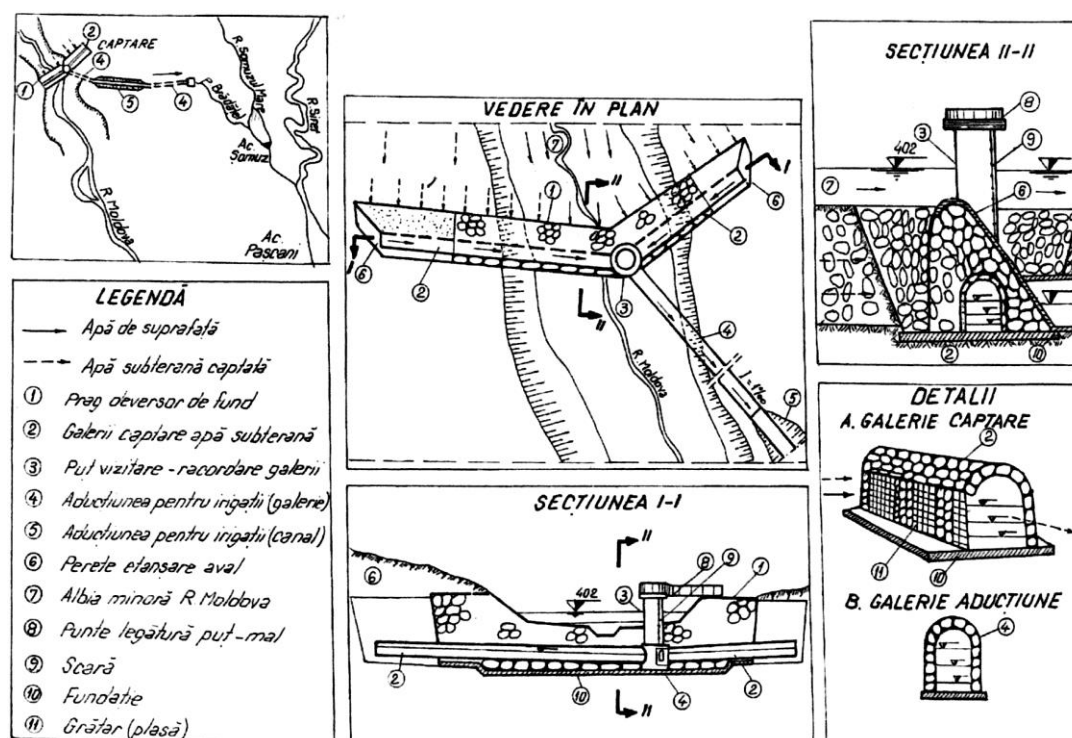


Fig. 3.57. Soluție de captare de sub albie (râul Moldova) cu aducțiune gravitațională (în râul Siret – Acumularea Domniței)

De asemenea, s-au proiectat lucrările de desecare a suprafețelor de luncă dintre acumulare și versantul drept al Siretului, din zona Heci – Pașcani, precum și amenajarea pentru irigații din zona Heci.

Barajul acumulării s-a studiat în mai multe variante din care s-a propus pentru faza de Notă de Comandă V_I , care constă dintr-un baraj frontal înalt de 10,0 m, lung de circa 600 m, care pleacă de la versantul dealului Hârtoape spre vest până la 200 m de calea ferată Pașcani-Suceava.

Scopul acumulării Cotu Domniței este asigurarea cu apă industrială și potabilă a orașului Pașcani și probabil a viitoarei Uzine Atomoelectrice de la Ruginoasa. De asemenea, mai are rolul de atenuare a viiturilor, reducerea debitelor de viitură în aval de baraj și de micșorare a pericolului de inundații pentru terenurile de luncă din aval de orașul Pașcani.

Valoarea lucrărilor de bază, conexe și a celor legate de recuperarea terenului acoperit de apele lacului acumulării Cotu Domniței sunt estimate la 1.200 milioane lei (an 1983).

În contextul schemei sistemului județean de irigații se păstrează toate lucrările proiectate de I.C.P.G.A., însă cu modificarea implicată de transferul apei dinspre R. Moldova, precum și de derivația galeriei spre acumularea Pârcovaci, prin intermediul căreia o parte din apele de viitură sunt dirijate spre județul Iași.

Pentru terenurile din aval de orașul Pașcani, derivarea unei părți din viitură va contribui la reducerea debitelor de viitură și măririi gradului de apărare de inundații.

c. Galeria Cotu Domniței (Siret) → Pârcovaci (Bahlui)

Conducerea debitelor de viitură prelevate din râul Siret și a celor aduse din râul Moldova în acumularea Cotu Domniței, spre acumularea Pârcovaci-Bahlui

este prevăzută a se realiza cu ajutorul unei galerii lungi de 14 km și cu un diametru interior de 5,0 m (fig. 3.58).

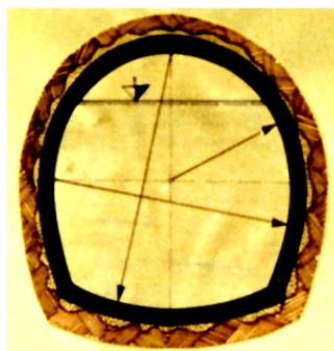
Cota de plecare din acumularea Cotu Domniței s-a prevăzut a fi 215 m, iar în acumularea Pârcovaci va ajunge la cota 210 m, rezultând o pantă a galeriei de 0,33%.

La diametrul de 5,0 m și panta menționată rezultă că galeria poate transporta liber debitul de 25 m³/s (egal cu 22 m³/s, cât se prelevează din Siret la viituri, plus cei 3,0 m³/s care se aduc din râul Moldova).

Execuția galeriei se prevede a se face mecanic (cu scut) și căptușită cu beton armat.

Intrarea în galerie s-a prevăzut cu un turn cu ferestre de captare, pentru a preleva apele de suprafață, încălzite, oxigenate și lipsite de aluviuni (vezi fig. 3.59).

La ieșirea din galerie, pe o vale afluentă a râului Bahlui, din cadrul acumulării Pârcovaci, s-a prevăzut o cădere. Terenul prin care urmează a se executa galeria este format din punct de vedere geologic din marne și argile terțiare cu 1-2 intercalații de nisip cu apă, încât nu va crea greutăți deosebite la execuție (fig. 3.60). Galeria poate fi atacată concomitent din ambele capete, ceea ce va reduce timpul de execuție.



		PI	PII	PIII
Grosimea nominală a căptușelii	e ^g	30 cm	30 cm	35 cm
Grosimea maximă	e ^f	45 cm	52 cm	70 cm
Suprafața excavată	m ²	29,40	30,80	34,50
Suprafața betonată	m ²	8,20	9,50	13,40
Cofraj	m ²	12,25	12,25	12,25
Suprafața de scurgere	m ²	21,15	21,15	21,15

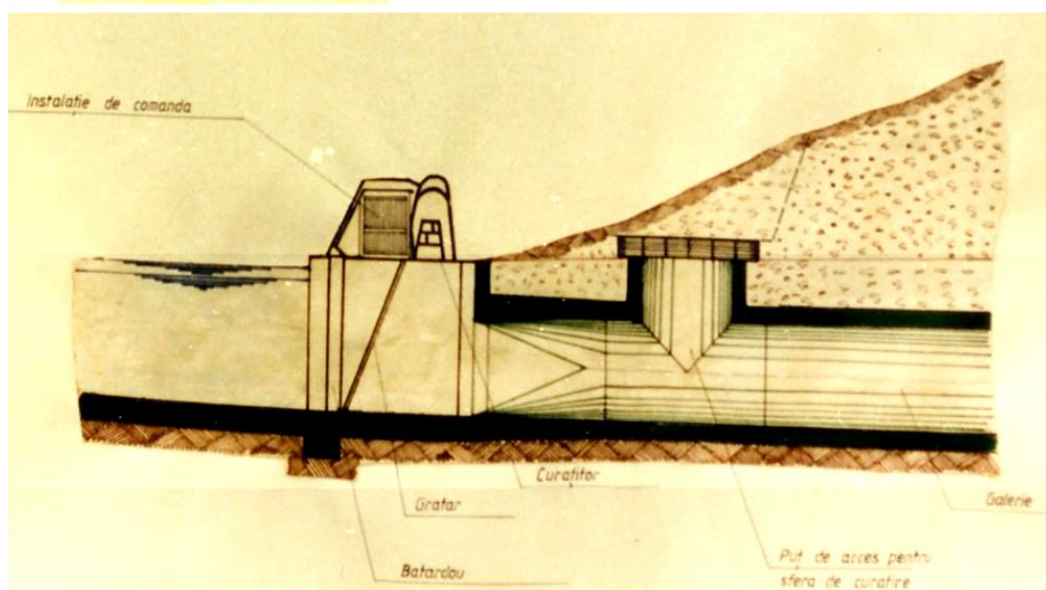


Fig. 3.58. Soluție de galerie propusă

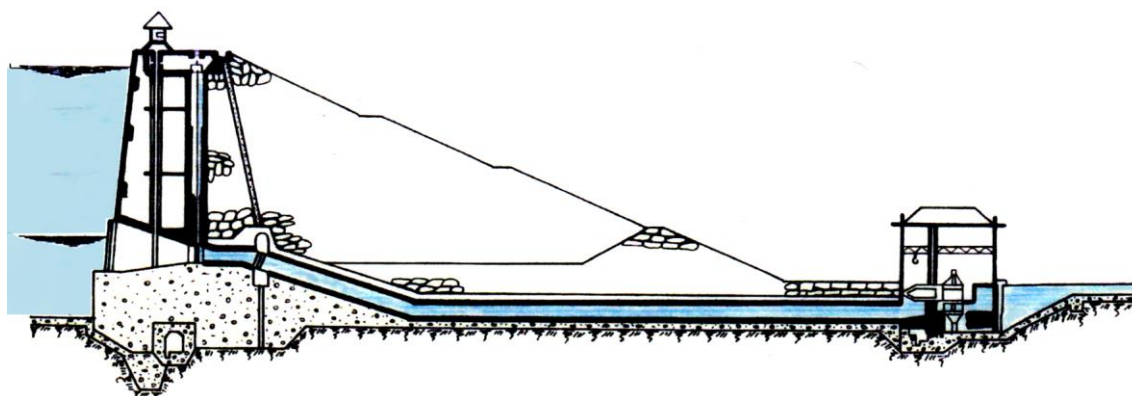


Fig. 3.59. Tip de captare a apei din acumulare, prin intermediul unui turn cu ferestre și uzinarea acesteia – se captează apa de suprafață: caldă, oxigenată, fără aluviuni

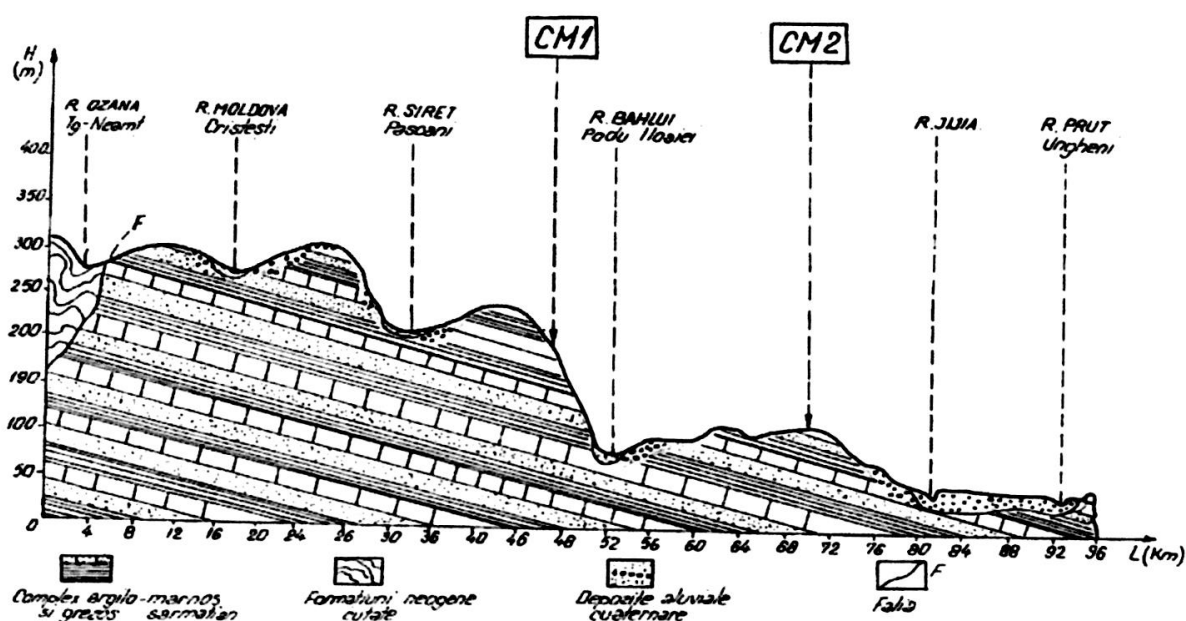


Fig. 3.60. Profil geomorfologic transversal „Siret-Prut” pe aliniamentul: Tg. Neamț → Podu Iloaiei → Ungheni

d. Acumularea Pârcovaci ($V_{ac} = 295 \text{ mil. m}^3$)

Această acumulare deține un rol-cheie în amenajarea și funcționarea sistemului județean de irigații și alimentarea cu apă a agriculturii, prin poziția sa geografică (la partea superioară a județului) și altimetrică (la cota dominantă de 210 m).

În urma alunecărilor de teren produse în ultimul deceniu, după anul 1995, pe versantul drept (Hârlău), se impune consolidarea amplă pentru realizarea acumulării.

Prin intermediul acestei acumulări, concepută în actuala schemă pentru un volum de 295 mil. m^3 (față de cel actual de 10 mil. m^3), se pot redistribui debitele viiturilor R. Siret, ca și debitul constant ($Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$) prelevat din R. Moldova, prin cele două canale magistrale CM_1 și CM_2 .

Regimul de funcționare al acumulării Pârcovaci se prevede a fi:

1° – la viituri preia treptat și tranzitează apa în:

- acumularea Țigănași pentru irigații;
- acumulările intercomunale pentru alimentări cu apă agro-zootehnice (v. anexa III și IV);
- acumulările piscicole, iar
- restul fiind reținut pentru irigații și redistribuit prin cele două canale magistrale CM_1 și CM_2 .

2° – în afara perioadei de irigații (toamna, iarna) preia un volum de 50 mil. m^3 din R. Siret și R. Moldova, care se înmagazinează în acumularea Pârcovaci pentru campania de irigații.

3° – în lunile de cerințe maxime (iunie, iulie, august) se tranzitează prin acumularea Pârcovaci, ca și prin acumularea Cotu Domniței-Siret cei $3 \text{ m}^3/\text{s}$ aduși permanent din R. Moldova.

Deci acumularea Pârcovaci va fi dimensionată la volumul de înmagazinare maxim de 295 mil. m^3 , restul apei tranzitându-se imediat pe sosește.

În anii când irigațiile nu vor consuma întreaga cantitate de apă stocată, aceasta se va păstra pentru anul

următor, an în care chiar în condiții de secetă, se va preleva numai din viituri.

Amplasamentul barajului acumulării Pârcovaci s-a prevăzut (sub coordonarea prof. dr. doc. C. Martiniuc – Universitatea „Al.I. Cuza” – Iași) în partea din aval a satului Pârcovaci, ceea ce va conduce la evacuarea a circa 400 case din acest sat.

Cota terenului văii este la 170 m, iar a coronamentului la 215,0 m. La nivelul maxim de la cota 210 m corespunde o suprafață de 700 ha, din care în cea mai mare parte ocupată de păduri și în cea mai mică parte din pășuni și vatra satului Pârcovaci.

Barajul propus are o înălțime maximă de 45 m, taluz amonte 1/5, aval 1/6 și un coronament carosabil lat de 8,0 m.

Execuția barajului s-a prevăzut din materiale locale. Barajul este prevăzut cu o golire de fund pentru un debit maxim defluent, egal cu suma debitelor maxime ale celor două canale magistrale în perioada aplicării irigațiilor ($Q_T = 57 \text{ m}^3/\text{s}$).

La baza barajului s-a prevăzut o centrală hidroelectrică care să uzineze apa care iese din acumularea Pârcovaci ($H_c = 20 \text{ m}$).

Pentru ca apa prelevată din acumulare și uzinată să fie aptă pentru irigații (ca temperatură, oxigenare, limpezime) se captează numai de la suprafață.

Volumul de apă mediu anual, care se derivează din râul Siret și râul Moldova spre Iași, este de 400 mil. m^3 ; deci se va uzina la ieșirea din acumularea Pârcovaci un volum mediu anual de 400 mil. m^3 la o cădere medie de 20 m. Față de ideea lăsării apelor mari să se scurgă (prin deversor) în albia Siretului, în aval de barajul acumulării Cotu Domniței și apoi să fie uzinată de două ori la câte 10 m cădere, la cele două hidrocentrale în construcție în județul Bacău, dirijarea acestor ape spre Iași prin acumularea Pârcovaci va da un plus de energie, egal cu suma energiei produse de microhidrocentralele de pe canalele de distribuție ale sistemului de irigații.

În concluzie sistemul propus este mai avantajos și din alt punct de vedere energetic, comparativ cu soluția uzinării pe Siret. Dacă se ia în considerație că se prelevează spre Pârcovaci debite din vârful de viitură, debite care la barajele de pe Siret s-ar evacua neuzinate, avantajul dirijării apelor spre Iași prin acumularea Pârcovaci este și mai economică.

Observații

În studiul întreprins s-a avut în vedere și o altă variantă, în cazul neacceptării strămutării satului Pârcovaci, însă cu dificultăți în privința înmagazinării apei pentru irigații și a exploatării sistemului. Aceasta ar consta în:

- reținerea în acumularea actuală Pârcovaci supraînălțată (fig. 3.61) a unui volum de circa 100 mil. m^3 ,

iar diferența să fie

- înmagazinată în alte acumulări mari situate la cote inferioare celor două magistrale ca de exemplu:

- Ac. Reditu și Ac. Jora – cu alimentare din CM_1 și
- Ac. Strâmbu – cu alimentarea din CM_2 .

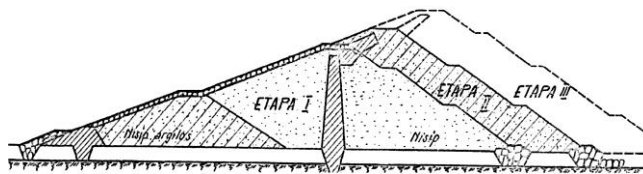


Fig.3.61. Supraînălțări succesive ale barajului

Această variantă produce energie la umplerea celor trei lacuri, dar și consumă energie la restituirea apei în canalele magistrale.

e. Acumularea Țigănași ($V_{ac} = 100 \text{ mil. m}^3$) permite irigarea gravitațională a întregii suprafețe din zona Jijia-Prut (în cazuri excepționale), facilitând și ridicarea apei pe unele platouri, concomitent cu reținerea tranșei de viitură a Jijiei, care se estimează la 50 mil. m^3 (la o anumită asigurare); de asemenea preia, descărcările excedentare din CM_2 . Suprafața afectată de acumularea Țigănași este de 2.500 ha, ocupate în prezent de pășuni degradate și sărături – parțial arabile.

Barajul s-a prevăzut a se executa la circa 500 m amonte de șoseaua Popricani-Cârnăeni. În felul acesta se va asigura atenuarea viiturilor pe Jijia și reducerea debitelor defluente la nivelul debitelor luate în calcul, pentru dimensionarea digurilor din aval de baraj, până la vărsarea Jijiei în Prut, la Orișeni.

Barajul acumulării Țigănași ($H = 12 \text{ m}$) va fi prevăzut cu deversor frontal și golire de fund, cu uzină hidroelectrică care să uzineze o parte din debitele defluente. În anii în care Jijia asigură din viiturile de primăvară 10-15 mil. m^3 apă, volumele respective urmează a fi scăzute din prelevările din râurile Siret și Moldova în lunile de vară (iulie, august).

Atât acumularea Pârcovaci cât și acumularea Țigănași vor putea fi utilizate pentru creșterea peștelui.

Acumularea Țigănași va permite utilizarea sa și pentru turism (sporturi nautice), fiind în apropierea municipiului Iași (20 km).

Pentru protejarea amenajării piscicole Larga Jijia la viiturile râului Jijia și deci la extinderea luciului de apă al acumulării Țigănași, s-a prevăzut supraînălțarea digului exterior al amenajării piscicole.

f. Canalul Magistral – C.M_1 (Versantul drept Bahlui – vezi fig. 3.52 și 3.53)

Acest canal pleacă de la barajul acumulării Pârcovaci, la cota 200 m și urmărește partea superioară a versantului drept al Bahluiului pe o lungime de 163 km, până se varsă prin ultimul tronson în acumularea Ciurbești (întreaga cantitate de apă derivată pe CM_1 și

CM₂ va putea fi integral gospodărită-valorificată în spațiul Iași-Bahlui de 200.000 ha).

Canalul are la plecare un debit de maxim 30,530 m³/s, debit care scade pe măsură ce se bifurcă canalele de distribuție, ultimul tronson XV având un debit de 0,500 m³/s (vezi tabelul nr. 3.20).

Execuția canalului s-a prevăzut a se face tip jgheab dreptunghiular din beton armat (fig. 3.62 a, b, c); primul tronson are o lățime de fund de 6,0 m și o coloană de apă de 3,12 m. Ultimul tronson are $b = 1,50$ m și $h = 0,67$ m.

În felul acesta canalul va putea fi executat sub formă de tronsoane, fie turnate pe loc (cele mari), fie prefabricate, transportate și montate pe platformă dinainte stabilită.

În zonele afectate de alunecări, tronsoanele vor fi montate cu măsuri de consolidare adecvate. Pe toată lungimea sa canalul este însoțit de un drum de exploatare, ce poate fi valorificat și de sectorul turism.

g. Canalul Magistral – C.M₂
(Versant stâng Bahlui – vezi fig. 3.52 și 3.53)

Ca și CM₁, Canalul Magistral 2 pleacă de la baza barajului acumulării Pârcovaci de la cota 160-170 m și ajunge pe platoul de la est de Holboca la cota 140,00 m, având o pantă de 0,2% (pe 148 km) din lungimea totală de 160,0 km.

Ultimul tronson al CM₂ de 12,0 km se varsă în pâraul Holboca.

La plecarea de la acumularea Pârcovaci, primul tronson al canalului este dimensionat pentru un debit maxim de 26,650 m³/s. Pe măsură ce se distribuie o parte din debite pe canalele de distribuție, canalul magistral scade ca debit, ultimul tronson (XII) având un debit de 4 m³/s.

Acest canal face o curbă spre nord până la livada S.C.P.P. Deleni, după care își schimbă direcția spre SE mergând pe vârful dealurilor, sau foarte aproape de coama dealurilor, păstrând panta de 0,2% până la est de localitatea Holboca.

În general culmea acestor dealuri se prezintă sub forma unor platouri cu pante mici, cu lățimi de la

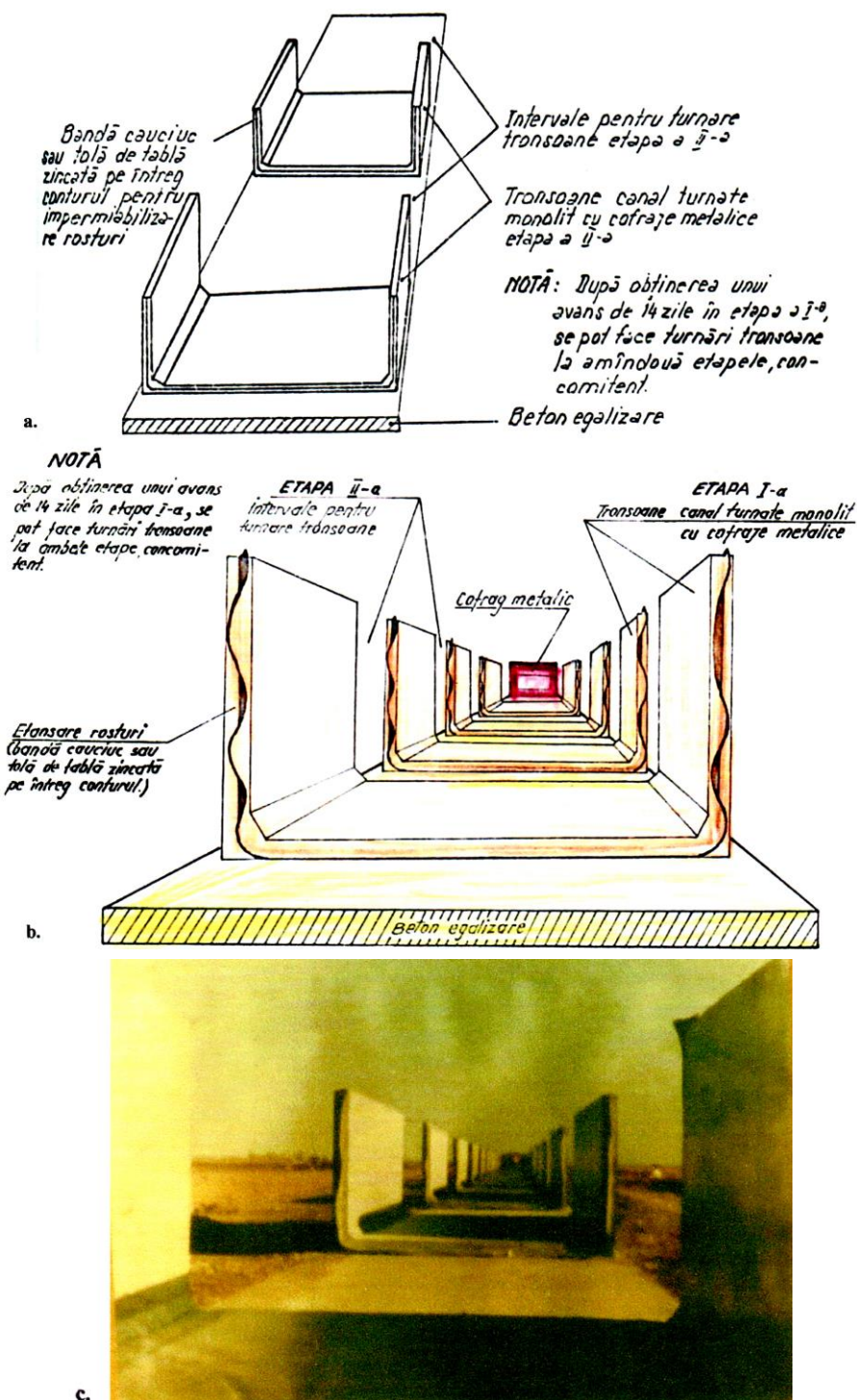


Fig. 3.62.a, b, c. Canal magistral cu secțiune dreptunghiulară. Tehnologie de execuție cu seturi cofraje metalice

200-300 m la 500-800 m.

Din acest canal se bifurcă cele 12 canale de distribuție (C.D.), ultimul tronson al CM₂ funcționând ca un C.D. și are rolul de a asigura apa pentru irigații, precum și de a evacua surplusul de apă, când nu se consumă integral, în pâraul Holboca pentru folosințe gospodărești și salubritate.

În mod obișnuit, majoritatea apelor ce nu se

consumă pe parcursul CM₂ vor trebui acumulate în acumularea Țigănași, prin intermediul CM₁₀. Execuția canalului CM₂ s-a prevăzut tot din tronsoane prefabricate din beton armat, ale căror dimensiuni la fund scad de la 6 m, pe primul tronson, la 3 m pe ultimul tronson.

Prin această nouă soluționare amenajările de irigații proiectate (Sculeni-Gorban) se pot racorda, dacă va fi cazul, fără prejudicii la sistemul gravitațional de alimentare. Ploturile și echipamentele respective rămân neschimbate.

Prin această soluție se va reechilibra și bilanțul consumurilor din R. Prut cu acordurile date sau se vor facilita alte asemenea amenajări de irigații și folosințe de apă pe seama R. Prut (exemplu apă industrială sau pentru navigabilitatea sectorului Bahlui – Prut etc.).

Ca și CM₁, tot Canalul Magistral CM₂ va fi însoțit de un drum de exploatare și turism.

h. Construcții hidrotehnice (sectoare de legătură) pe canale magistrale

Ambele canale magistrale CM₁ și CM₂ întâlnesc în cale o culme de deal. Trecerea s-a prevăzut a se face cu ajutorul unor galerii. În zonele unde canalele traversează văi, s-au prevăzut conducte sifon care conduc apa de pe un versant pe cel învecinat. Acolo unde valea este mai puțin adâncă iar debitele de transport mai mari s-au prevăzut apeducte.

Trecerea unor debite de apă din Canalul Magistral CM₁ spre bazinele hidrografice ale pâraielor Sacovăț, Stavnic (Durdac) și Rebricea pe sub Coasta Iașilor, s-a prevăzut a se face cu ajutorul unor galerii. Deoarece debitele sunt sub 2,0 m³/s, s-au prevăzut galerii cu diametrul interior de 1,80 m executate cu scutul de tipul celui utilizat la galeria drenantă din Iași și la galeria de la Bucecea, județul Botoșani.

6° Alimentarea cu apă a centrelor populate rurale și a sectoarelor zootehnice

Alimentarea cu apă și canalizarea centrelor populate reprezintă unul din elementele de bază ale civilizației, iar preluarea apelor uzate și dejecțiilor de la complexele zootehnice constituie o problemă majoră pentru prevenirea poluării.

Față de numărul de localități rurale alimentate cu apă, din fiecare județ al țării, județul Iași ocupă unul din ultimele locuri, având un număr infim de localități racordate la rețeaua centralizată de alimentare cu apă.

Lipsa apei subterane îngreuiază dezvoltarea zootehnicii și a industriei agro-alimentare.

Pentru a ușura problema alimentării cu apă a centrelor populate rurale și a zootehnicii (inclusiv sectorul piscicol) din raza de acțiune a sistemului de irigații, s-a propus racordarea acestora la această sursă de apă proiectată (vezi fig. 3.52 și 3.53).

Au rămas în afară comunele din luncile Prutului,

Siretului și Moldovei, precum și din văile adiacente acestor lunci, localități care urmează a se alimenta cu apă din pânza subterană.

Pentru alimentarea cu apă a populației și a zootehnicii aferente comunelor, s-a preconizat o soluție de grupare a acestora prin racordarea la sistemul de irigații, prin intermediul acumulărilor locale.

Luând ca exemplu grupul de comune Plugari – Șipote (vezi fig. 3.54) s-a proiectat o acumulare locală pe valea Recea cu o capacitate de 1,3 mil. m³, alimentată la viiturile Siretului, prin intermediul CM₂ și C.D.₃. În aval de acumulare, urmează a se executa o stație de tratare.

Din rezervoarele în care se aduce apa de la stația de tratare pleacă conductele de distribuție (pentru sat și apoi pe fiecare drum). Pe străzi se prevăd cișmele și se creează posibilitatea ca fiecare casă să-și facă racord de apă în interior.

În cadrul devizului schemei s-au prins canalele de alimentare ale acumulărilor locale și acumulărilor propriu-zise. Stațiile de tratare și rețelele de distribuție urmează să fie executate din alte fonduri.

La acest nivel s-au evaluat pe bază de indici numai canalele de alimentare și acumulările locale și volumul de apă necesar prin extrapolarea creșterii populației și zootehnicii până în anii 2000 și 2020.

Elementele cuprinzând numărul populației din fiecare comună și grup de comune, zootehnie și necesarul de apă de adus în acumularea locală a fiecărui grup de comune sunt redată în anexa II.

Comparativ cu schemele de alimentare cu apă centralizate studiate în județul Iași, schema sistemului de irigații propus este mai ieftină și necesită un consum mai redus de metal și PVC pentru transportul apei, mai puțină energie și este elastică, permițând unele dezvoltări ulterioare prin rețeaua de acumulări, canale și tranzitări de apă.

7° Amenajări pentru irigații

Sistemul de alimentare cu apă propus asigură irigarea unei suprafețe de 150.000 ha din care 71.700 ha din CM₁ și 78.300 ha din CM₂.

Amenajările de irigații cuprind terenuri cu pante mici (sub 6%) sub formă de platouri și culmi de dealuri, apoi terenuri cu pante ceva mai mari (6-20%). Din punct de vedere al folosințelor cea mai mare parte a terenurilor este ocupată de terenuri arabile și în mai mică măsură cu pășuni și fânețe. Sunt excluse de la irigații terenurile cu alunecări active sau stabilizate.

Tehnicile și metodele de irigare și udare se vor diferenția după criteriile cunoscute. Aici vor domina tehnicile cu consum redus de apă și care nu produc eroziuni, șiroiri și salinizări.

Relieful, condițiile climatice și agro-economice

permit aplicarea diferențială a tuturor tehnicilor de irigat (scurgerea pe brazde și fâșii, aspersiune, picurarea ș.a.), având la cote dominante apa.

Distribuția apei făcându-se gravitațional și automatizat (fig. 3.63 a, b) prin canalele intercomunale (18 pe CM₁ și 13 pe CM₂), trasate pe linia de cea mai mare

pantă, permite ca în paralel cu uzinarea apei să se asigure și irigarea gravitațională. Chiar și în cazul aspersiunii presiunea se va realiza tot gravitațional, printr-o amplasare judicioasă a diferitelor tehnici de irigat, sub formă de fâșii perpendiculare pe aceste canale uzinale.

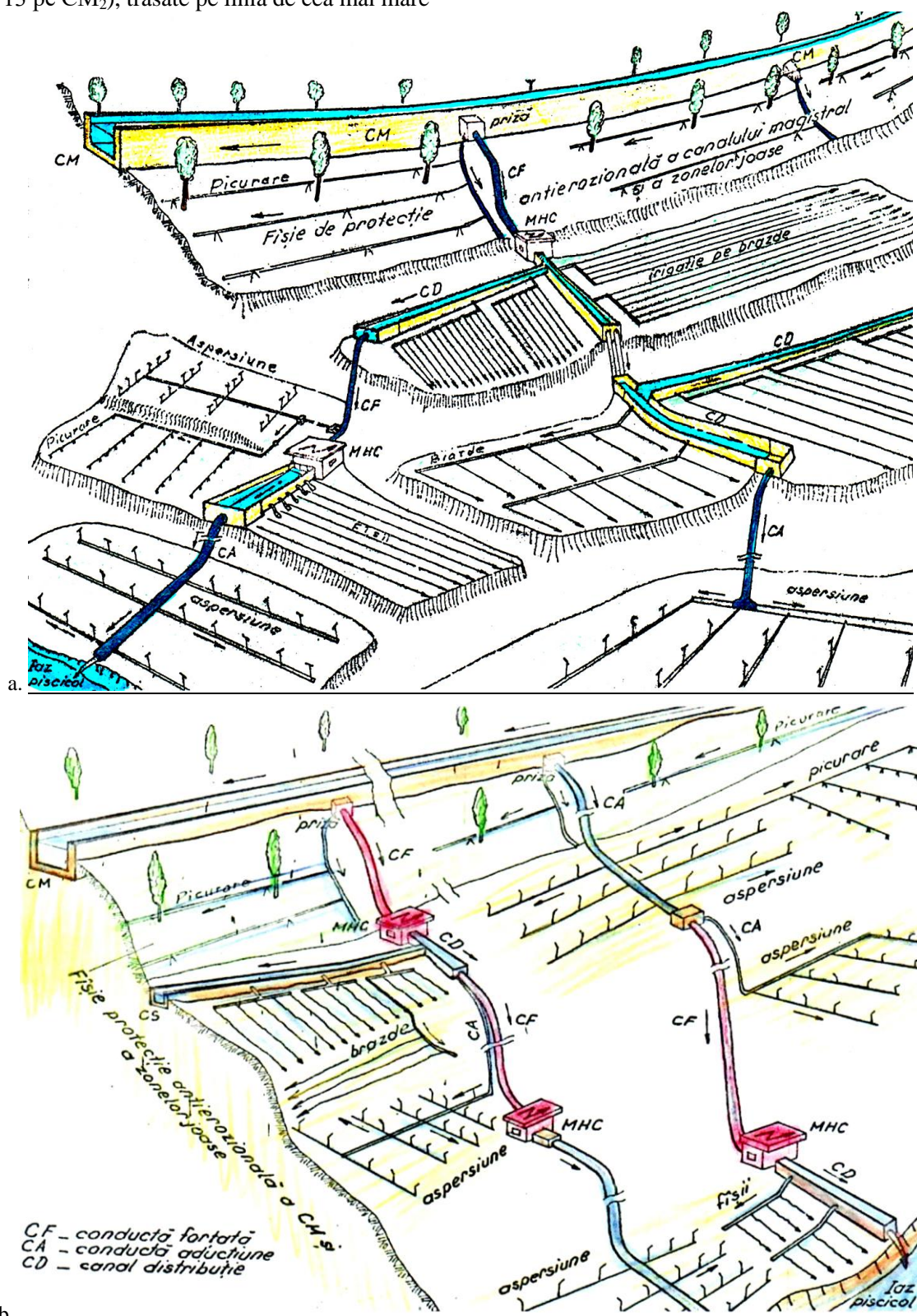


Fig. 3.63. Scheme de soluții de tehnici de irigare gravitațională cu apă uzină prin M.H.C. de pe rețeaua de distribuție

Organizarea teritoriului pe întregul versant, atât în zonele cu irigații, cât și în cele fără irigații, respectiv cu lucrări de combaterea eroziunii solului, va trebui să se facă ținând seama și de rețeaua de canale și conducte de irigații, suprafețele aferente antenelor, debușeelor de scurgere a apelor din precipitații și rețeaua de drumuri.

Odată cu începerea irigațiilor, poate avea loc, în cazul unei exploatare nerațională, și o îmbogățire a debitului pânzei freatice a versantului; pentru a se evita reactivarea alunecărilor, în unele zone, irigațiile trebuie însoțite și de drenaje. Practic, sistemul județean se compune dintr-un mare număr de subsisteme de irigații, fiecare fiind deservit de canal de distribuție.

În această zonă a țării, tehnica irigației trebuie să aibă în atenție și protecția antigel.

8° Lucrări de combatere a eroziunii solului

După proiectarea lucrărilor de irigații trebuie proiectate lucrările de combatere a eroziunii solului (CES). Aceste lucrări trebuie să cuprindă toate terenurile versantului respectiv, inclusiv cele amenajate pentru irigații.

Dintre lucrările obișnuite de CES pe aceste terenuri, se va da o atenție mai mare debușeelor, stabilizării alunecărilor și captării izvoarelor de pe versanți, care vor cuprinde și drenaje.

Practic, lucrările de combaterea eroziunii solului împreună cu cele de irigații și de drenaje, trebuie să conducă la o nouă strategie a amplasării culturilor pe versanți.

Toate drumurile vor trebui revăzute și trasate pe direcții pe care eroziunea este minimă și se evită ravenarea lor.

Pe ravene și torenți vor trebui executate lucrările necesare ca să se evite degradarea în continuare a terenului.

Terenurile degradate și care nu mai pot fi luate în cultură vor trebui trecute la silvicultură și plantate cu specii adecvate care să asigure stabilizarea terenului, obținerea de lemn pentru construcții și lemn de foc pentru populația rurală, fructe de pădure și pentru dezvoltarea sectoarelor sericicole și apicole.

În acest capitol trebuie să-și găsească loc și perdelele de protecție, avându-se în vedere regimul climatic, pantele și expoziția terenurilor pe care se aplică irigațiile.

9° Drenaje

Pentru a se evita înmlăștinirea și alunecarea terenurilor în pantă, circa 50% din suprafața ce se amenajează pentru irigații va fi prevăzută cu drenaje (a se vedea în capitolele anterioare rezultatele studiilor în-

treprinse în poligonul experimental Valea Largă – Dâmbovița).

Drenurile colectoare vor deversa în debușee care vor conduce apa în pâraie și apoi în Bahlui sau Jijia.

Execuția drenajelor s-a prevăzut mecanizat în proporție de 80% și manual 20%, în zonele inaccesibile mașinilor de săpat șanțuri. Ca timp de execuție, drenajele s-au prevăzut a se executa fie concomitent, fie în perioada următoare executării amenajărilor de irigații și de combaterea eroziunii solului.

10° Problema pisciculturii în cadrul Sistemului teritorial județean de irigații – Iași

La nivelul anului 1983 pe teritoriul județului Iași erau construite un număr de 184 bazine piscicole în suprafață de 5.332 ha care înmagazinează (stochează) un volum de 205 mil. m³ apă. Toate aceste bazine piscicole sunt echipate cu strictul necesar de lucrări hidrotehnice (călugări, călugări-deversori, deversoare, canale de fugă laterale).

Din suprafața totală de 5.332 ha bazine piscicole, 1.713 ha reprezintă crescătorii piscicole complexe și heleșteie, restul reprezintă iazuri agro-piscicole.

Crescătoriile piscicole se alimentează prin pompare din râurile Jijia și Prut, iar iazurile piscicole acumulează apă din precipitațiile de pe bazinele lor de retenție.

Condițiile de exploatare piscicole sunt restrictive, funcție de nivelurile apelor din sursele de alimentare în cazul crescătoriilor și de volumul precipitațiilor în cazul iazurilor.

Anul 1983 evidențiază pregnant acest aspect, când, din cauza lipsei de precipitații din toamna anului 1982 și primăvara 1983, este asigurat numai 70% din volumul de apă necesar pentru piscicultură.

În perioada 1983-1985, sunt cuprinse în programul de dezvoltare a pisciculturii în județul Iași noi suprafețe destinate peștelui: 4.200 ha unități agro-piscicole și 800 ha în lacuri de acumulare (cu un volum de 210 mil.m³).

La nivelul anilor 2020, amenajările pentru piscicultură în județul Iași se estimează să ajungă la circa 20.000 ha cu un volum de apă de 600 mil. m³ (iazuri piscicole, agro-piscicole, lacuri de acumulare, crescătorii și pepiniere).

Practicarea unei pisciculturi intensive de mare eficiență economică necesită asigurarea unor volume constante în bazinele piscicole, ceea ce în actualul regim de scurgere a apelor nu se poate realiza.

În actualul regim de scurgere, alternează perioade cu precipitații abundente, când se distrug o serie de amenajări piscicole, cu perioade sărace în precipitații, când iazurile piscicole rămân fără apă.

Aceste aspecte fundamentale pentru piscicultura

intensivă vor putea fi soluționate prin înfăptuirea unui sistem județean complex de irigații și alimentare cu apă a agriculturii.

Estimăm că la nivelul anului 2020, peste 5.000 ha bazine piscicole vor fi crescătorii piscicole, ce se vor alimenta prin pompare, în cazul nerealizării soluției propuse.

Înlocuirea alimentării prin pompare cu alimentarea gravitațională ar duce la diminuarea investițiilor cu peste 20% pe hectarul de piscicultură.

Incontestabil că acoperirea acestui volum considerabil de apă, prin sistemul de canale și acumulări propus, va impune o valorificare mai complexă a viiturilor de pe R. Siret și din bazinele proprii, concomitent cu creșterea capacităților lucrărilor descrise (acumulări, canale).

11° Hidroenergia în cadrul sistemului teritorial Iași de irigații și alimentare cu apă a agriculturii

Prin soluția adoptată în cadrul schemei de amenajare, cu aducțiuni gravitaționale dominante, ce conduc apa spre folosințele (irigații, alimentări cu apă, piscicultură ș.a.) situate în zonele mai joase, se creează posibilitatea producerii de energie electrică.

MHC-urile vor fi amplasate în două soluții principale :

- la baza barajelor lacurilor de acumulare create în punctele principale ale schemei hidrotehnice (vezi fig. 3.59) și la ieșirea din galeriile de derivație-transfer;
- pe căderile create pe canalele de distribuție, între consumatorii situați la cote diferite (fig. 3.64.a). Pentru comparație se dă în fig. 3.64.b soluția de amenajare a MHC pe derivațiile din sistemul „Siret-Ialomița”.

Amplasamentele MHC-urilor și datele tehnice și valorice au fost stabilite, în urma unei analize efectuată pe planuri directe, scara 1:50.000, rezultatele obținute cu precizia corespunzătoare a acestei scări fiind centralizată în 4 tabele:

Tabel –	- date tehnice și valorice pentru MHC
Anexă V	amplasate la baraje și galerii
Tabel –	- date tehnice și valorice pentru MHC
Anexă VI	amplasate pe derivațiile aferente canalului magistral CM ₁ (fig. 3.65 – Model laborator)
Tabel –	- date tehnice și valorice pentru MHC
Anexă VII	amplasate pe derivațiile aferente canalului magistral CM ₂
Tabel 3	- centralizatorul datelor tehnice și valorice pentru MHC

Calculul hidroenergetic precum și aprecierile valorice ale investițiilor necesare au fost făcute de at-

lierul de proiectare IRE Iași, ing. V. Gligor, conform proiectului tip „Microhidrocentrale”, elaborat de ISPH cu nr. H 4815 – 1980 (81) și aprobat prin Decretul 418 din 1980 și Normativul cadru pentru întocmirea proiectelor de microhidrocentrale al MEE.

Valorile indicatorilor economici (nivel an 1980) considerați pentru întreg sistemul propus sunt conform indicațiilor MEE-CIRE pentru acest tip de investiții (preț de cost al energiei de 19 bani/kWh, iar indicativul investiției specifice de 5,9 lei/kWh/an.

Pentru amenajările hidroenergetice pe teritoriile consiliilor județene se utilizează următorii indicatori: $I_s = 9,4$ lei/kWh/an și $P_c = 0,24$ lei/kWh (notând și faptul că acești indicatori corespund prețurilor din anul 1980).

Pentru evaluările energiei consumate și investițiilor necesare pentru stațiile de pompare au fost folosiți indicatorii specifici din normele pentru elaborarea P.E. ale ISPIF.

MHC-urile studiate sunt în număr de 71, având o putere instalată între 6 și 1.680 kW, totalizând o putere instalată de 15,829 MW și capabile să producă o energie de 70,797 GWh/an (tabelul nr. 3.21).

Din cele 71 MHC-uri propuse în cadrul sistemului județean Iași de irigații și alimentare cu apă a agriculturii, două sunt amplasate la ieșirea galeriilor de aducțiune interbazinală Moldova-Siret și Siret-Pârcovaci, 5 în avalul acumulărilor principale din rețea, iar 64 pe canalele de distribuție.

De menționat faptul că evaluările energetice au fost efectuate pentru volumele de apă uzinate în perioada irigațiilor, iar pentru perioada din afara sezonului de irigații s-a considerat funcționarea unei puteri instalate de 3,035 MW, cu o producție de energie de 15,786 GWh/an (v. tabelul nr. 3.21).

MHC-urile cu $P_i > 100$ kW vor furniza energie direct în sistemul național prin rețele de 20 kV, iar celelalte pot fi utilizate la consumatorii locali, pentru alimentarea unor mașini agricole electrificate sau alimentarea unor localități prin rețelele de 0,4 kV.

Toate MHC vor funcționa pe principiul „totul sau nimic” fără personal de supraveghere, fiind automatizate. Agregatele au fost astfel alese, încât să funcționeze pentru întreaga gamă de debite, la căderile impuse, cu un randament cât mai mare de exploatare. Întregul utilaj necesar este produs în țară.

În varianta hidroenergetică propusă pentru sistemul județean Iași de irigații și alimentări cu apă în agricultură a rezultat o valoare totală a investițiilor de circa 357 392 mii lei, rezultând o investiție specifică de 5,048 lei/kWh/an și un preț de cost de 0,151 lei/kWh (nivelul anilor 1980-1983). Valorile acestor indicatori conferă sistemului atributul de rentabil din punct de vedere hidroenergetic.

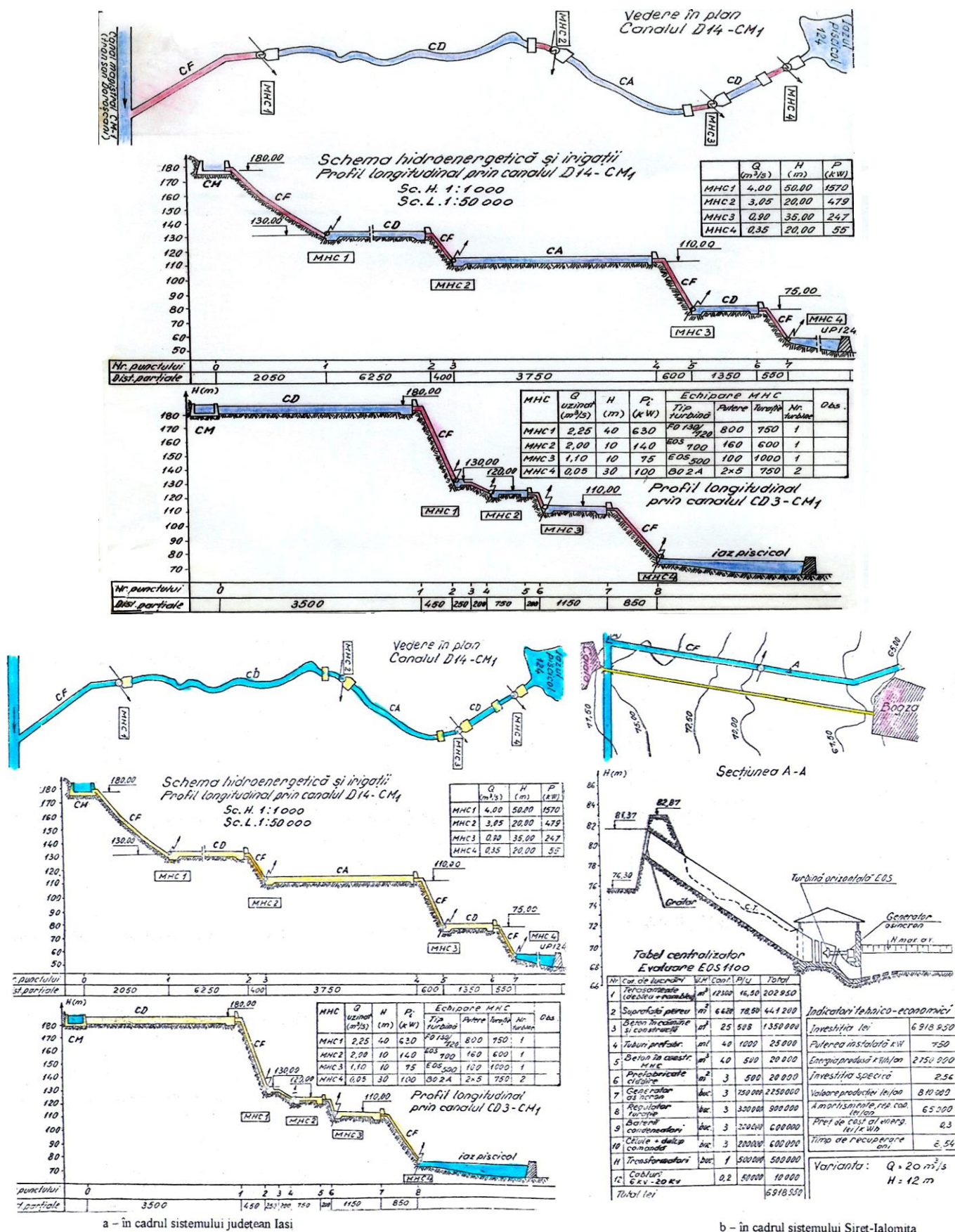


Fig. 3.64. a, b. Soluții comparative de amplasare a MHC pe rețele de distribuție în sistemele de irigații:
a – în cadrul sistemului județean de irigații; b – în cadrul sistemului Siret-Ialomița



Fig. 3.65 (foto). Modelul derivațiilor de canale automatizate. Model laborator – Facultatea Hidrotehnică a Institutului Politehnic Iași

Tabelul 3.21. Efectul hidro-energetic al Sistemului Județean de Irigații în soluția gravitațională ($S = 150.000$ ha) (nivelul anilor 1980-1983)

IAȘI – A. I – Energie electrică produsă

Specificații		E (mil. kWh/an)	Investiții (mil. lei)	Indicatori specifici		Echivalent carburanți	
				I_s (lei/kWh)	P_{ce} (lei/kWh)	tone țiței/an	Valoare (mii lei)
MHC pe rețele de canale	în per. de irig.	30,358	218,3	4,730	0,142	7.507	21.772
	în afara per. de irigație	15,786	–			3.904	11.321
MHC la galerii și baraje		24,653	139,1	5,642	0,169	6.097	17.780
Total: 71 MHC		70,797	357,4	5,048	0,151	17.508	50.873

B. II – Energie electrică economisită prin renunțarea la pomparea apei

Specific.	E (mil. kWh/an)	Investiții (mil. lei)		Chelt. întrețin. (mil. lei)	Indicatori specif.		Echiv. carburant	
		Utilaje pompe	Total (C+M+U)		M50% (mc/an)	kWh/mc	tone țitei/an	Valoare (mii lei)
SP la care se renunță	123,885 (pentru irig.)	90,0	299,9	37,5	2136	0,387	30636	88845
	1,541 (pt. alim. agro-zootehn.)						381	1105
Total	125,426		327,4				31017	89950

C. III – Datele tehnico-economice ale MHC

Specificații Amplasament MHC	Nr. MHC (buc.)	P_i (kW)	E (mil. kWh/an)	Investiția	Observații
CD1-18 (CM 1)	40	6,761	16,903	129.643	cca. 2500 ore/ per. irigată
CD1-12 (CM 2)	24	5,382	13,455	88.661	cca. 2500 ore/ per. irigată
Galerii + baraje	7	3,686	24,653	139.088	1500-800 ore/an
(CM1 + CM2) parțial 25%	–	3,035*	15,786	–	în afara per. irigate
Total	71	15,829	70,797	357.392	

* $P_i = 3055$ kW este inclusă în puterea instalată a MHC de pe canale

C. IV – Totalul energetic

Specificații	E (mil. kWh/an)	Echivalent carburanți	
		tone țiței /an	Valoarea (mii lei)
Producția M.H.C.	70,797	17.508	50.873
Economie S.P.	125,426	31.017	89.950
Total economie	196,223	48.525	140.825

Costul investițiilor vizează uvrajele pentru centrala propriu-zisă, echiparea acesteia precum și captarea și descărcarea apei, considerându-se aducțiunile și evacuările executate.

În anii anteriori au mai fost efectuate de către IRE Iași estimări orientative asupra potențialului hidroenergetic al județului Iași pe aducțiunile și barajele existente, teritoriul nefiind amenajat pentru irigații în sistem gravitațional (și exceptând râul Siret și râul Prut).

Aceste estimări anterioare nu sunt afectate de realizarea sistemului propus, corelându-se armonios cu acesta și au condus la un număr de 64 MHC posibil a fi construite, având o putere instalată de 3.423 kW și o producție de energie de 30 GWh/an. Deci, luând în considerație soluția suprapunerii celor două evaluări, numărul MHC-urilor în județul Iași ar putea ajunge la circa 130 cu o putere instalată de circa 19 MW și o producție de energie de circa 101 GWh/an, această ipoteză necesitând desigur un studiu mai concret și mai amănunțit. Făcând o apreciere a economiei de combustibil ce se poate realiza prin producerea celor 71 GWh/an, considerând 247 tone țiței necesare pentru a produce 1 Gwh la prețul de 2.900 lei (an 1983), rezultă o econo-

mie de 17.508 tone țiței anual, în valoare de 50.873 mii lei (v. tab. 3.21).

În cazul utilizării soluției prin pomparea apei pentru irigarea celor 150.000 ha și alimentarea cu apă a centrelor agrozootehnice ar fi necesar anual un consum de energie electrică de 125 GWh, cu o investiție totală (construcții + montaj + instalații + utilaje) de 300.000 mii lei și care ar necesita circa 37.500 mii lei cheltuieli anuale de întreținere (nivelul anilor 1980- 1983).

Prin înlocuirea soluției prin pompare cu soluția gravitațională pentru irigații și alimentare cu apă, se vor economisi aceste valori care reprezintă de fapt o economie de combustibil convențional de 31.017 tone țiței.

Ar însemna în total (energie produsă + economisită) economii anuale de 48.525 tone țiței utilizabili în alte scopuri.

Adăugându-se la valoarea țițeiului economisit și cheltuielile anuale de întreținere ale stațiilor și instalațiilor de pompare ar rezulta un total de 178.323 mii lei/an (anul 1983).

Această economie poate duce la amortizarea în termen scurt a investițiilor, avizând favorabil aspectul hidroenergetic al sistemului propus.

12° Estimarea amenajărilor, cu aspecte de eficiență economică

(valorile se referă la perioada 1980-1983)

Estimările orientative s-au făcut pe bază de indici după normele de deviz din anul 1983, pentru terasamente, betoane, materiale, utilaje, energie, retribuții sau prin adoptarea unor lucrări similare.

Pentru crearea surselor de apă au fost înscrise datele orientative de la D.A. Prut.

A rezultat un total general orientativ de 13 mld. lei repartizat pe titularii de investiții cum se vede în tabelul nr. 3.22.

La calculul eficienței economice s-au luat în considerare următoarele elemente:

1. Sporul de venit realizat prin irigarea suprafeței de 150.000 ha, care este de 526.695 mii lei/an (tabelul nr. 3.23).

2. Economia de energie care se realizează în soluția irigației gravitaționale comparativ cu cea prin pompare, care se estimează la 125 mil. kWh/an echivalent cu economisirea a 31.017 t țiței/an = 89 950 mii lei/an (tabelul nr. 3.22).

3. Energia care se realizează prin rețeaua de microhidrocentrale care însumează 70 mil. kWh/an,

echivalent cu 17.508 to țiței/an = 50.873 mii lei/an.

4. Asigurarea apei pentru zootehnie și populația agricolă în volum de 50 mil. m³/an x 1 lei/m³ = 50 mil. lei/an.

5. Crearea posibilităților de acoperire parțială (în prima etapă) cu apă gravitațională a unităților piscicole din zona sistemului de irigații: 20 mil. m³/an x 1 lei/m³ = 20 mil. lei/an

6. La cele de mai sus ar trebui incluse și realizările economice din sectoarele conexe, care beneficiază de împânzirea teritoriului de 200.000 ha cu rețele de canale, bazine, perdele de protecție etc.:

- sectorul turism,
- ecologia – mediu ambiant, influența climei, scurgerile salubre (ex. pe râul Bahlui),
- prevenirea inundării și colmatării zonelor joase, căilor de comunicație, centrelor populate etc.

În calculul eficienței au fost considerate numai veniturile de la 1 la 5:

1..... 526.695 mii lei/an

2..... 89.950 mii lei/an

3..... 50.873 mii lei/an

4..... 50.000 mii lei/an

5..... 20.000 mii lei/an

Total..... 738.518 mii lei/an

Tabelul nr. 3.22. Defalcarea fondurilor de investiții pentru acoperirea deficitului de apă al județului IAȘI pentru irigarea a 150.000 ha (suprafața totală aprovizionată cu apă în soluție gravitațională = 200.000 ha) (nivelul anilor 1980-1983)

Titular de investiție	Denumirea obiectivului	Valoarea estimativă (mii lei)	Propuneri termene de punere în funcț.	Observații
A. Consiliul Național al Apelor (Asigurarea surselor de apă)	1. Derivația Moldova-Șomuz	400.000	1990	-Ac. asig. alim. cu apă a orașului Pașcani (tranzitare) - Celelalte acumul. din bazin sunt necesare pt. atenuarea viiturii și alim. cu apă a centrelor populate
	2. Acumularea Fălticeni pe Șomuz	1.100.000	1990	
	3. Acumularea Cotu Domniței pe Siret	700.000	1989	
	4. Derivația Siret-Bahlui	800.000	1989	
	5. Acumularea Pârcovaci	1.000.000		
	6. Acumulări în perim.	500.000	1989	
TOTAL C.N.A.		4.500.000		
B. Ministerul Energiei Electrice	1. Microhidrocentrale 64 buc. (pe canalele de distribuție)	300.000	1990	
	2. Centrale electrice la baraje și galerii (7 buc.)	500.000	1990	
TOTAL M.E.E.		800.000		
C. Minist. Turismului C.N.P.M.I.	1. Lucrări de protecția mediului și turism	100.000	1990	
D. Minist. Silviculturii	Perdele de protecție și alte plantații	100.000	1990	
E. Minist. Agriculturii	1. Canal magistral 2	900.000	1989	
	2. Canal magistral 1	1.000.000	1990	
	3. Canale distribuitoare din CM 1 și CM 2	950.000	1990	
	4. Amenajări pt irigații pe 150.000 ha	3.300.000	1990	
	5. Drenaje pe 75.000 ha	1.100.000	1989	
	6. Combaterea eroziunii solului pe 70.000 ha	400.000	1988	
	7. Drumuri, apeducte, intersecții + Dispecer.	700.000	1990	
TOTAL M.A.		8.350.000		
TOTAL GENERAL		13.850.000		
A + B + C + D + E		8.350.000		
din care pentru irigații (E)		8.350.000		

Tabelul nr. 3.23. Producțiile și cheltuielile înainte și după amenajare (S = 150.000 ha)

Nr. crt.	Cultura	Supr. (ha)	Valoarea producției înainte și după amenajare								Cheltuieli de prod. înainte și după amenajare			
			Prod. și valoarea înainte de amenajare				Prod. și valoarea după amenajare				Înainte de amenajare		După amenajare	
			Prod. to/an	Prod. totală to.	Val. unit. mii lei/to	Valoare prod. mii lei	Prod. to/ha	Prod. totală to	Val. unit. mii lei/to	Valoare prod. mii lei	Chelt. agroteh. mii lei/ha	Total chelt. mii lei	Chelt. agroteh. mii lei/ha	Total chelt. mii lei
1	Grâu	55.000	2,5	137.500	1,50	206.250	5	275.000	1,50	412.500	1,153	228.415	5,190	285.450
2	Orz	5.000	3	15.000	1,10	16.500	5	75.000	1,10	62.500	3,885	19.425	4,921	24.605
3	Porumb boabe	66.000	3	180.000	1,50	270.000	8	480.000	1,27	720.000	4,410	240.600	7,046	422.760
4	Porumb siloz	5.000	20	100.000	0,11	11.000	60	300.000	0,11	33.000	3,424	17.120	6,077	30.385
5	Sfeclă furajeră	5.000	30	150.000	0,20	30.000	60	300.000	0,20	60.000	3,827	19.135	4,600	23.000
6	Fânețe cultivate	10.000	3	30.000	0,45	13.500	6	60.000	0,45	27.000	2,209	20.090	2,934	29.340
7	Pășuni cultivate	10.000	8	80.000	0,11	8.800	23	230.000	0,11	25.300	0,880	8.800	1,760	17.600
TOTAL		150.000	-	-	-	556.050	-	-	-	1.360.000	-	555.585	-	833.140

Venit net:

• înainte de amenajare = $556.050.000 - 555.585.000 = 465.000$ lei

• după amenajare = $1.360.300.000 - 833.140.000 = 527.160.000$ lei

Spor de venit = $527.160.000 - 465.000 = 526.695.000$ lei

$T_{r1} = 8.350.000.000 : 526.695.000 = 11,3$ ani (după investiție, în amenajările directe pentru irigații);

$T_{r2} = 13.850.000.000 : 526.695.000 = 18,8$ ani (amortizându-se pe seama sporurilor de producții din irigații, toate investițiile).

Deci față de investiția directă pentru irigații inclusiv lucrările de drenaj și combaterea eroziunii solului de 8.350.000.000 lei și de efectul economic 737 mil. lei/an, rezultă un timp de recuperare:

$$T_{r1} = 8.350.000.000 : 737.518.000 = 11,32 \text{ ani}$$

Iar față de investiția totală (de 13.850 mil. lei), ar rezulta un timp de recuperare:

$$T_{r2} = 13.850.000.000 : 737.518.000 = 18,32 \text{ ani}$$

Față de alte investiții în irigații, pe terenuri cu relief și dificultăți de aducțiune și de distribuție a apei mult mai mici, lucrarea de față, care nu depășește cu mult indicatorii de eficiență ai acestor amenajări mari (ex. Mostiștea, Carasu, Terasa Covurlui, Terasa Buzău ș.a.), prezintă în schimb numeroase avantaje:

- preia vârfurile de viitură (Siret) pe care le transformă în volume de apă utile pentru irigații, zootehnie și alte folosințe, cu consecințele hidrologice aferente pentru obiectivele și terenurile din aval.

- asigură condițiile dezvoltării unor puternice centre agro-industriale în zonă, prin apa și energia ce li se asigură,

- irigă zonele colinare și de dealuri, gravitațional, care în alte soluții ar fi reclamat mari eforturi financiare și în special energetice, prin pompări și repompări pe suprafețe mici.

3.4.2. SOLUȚIA PROF. I. ANDRIESCU CALE, AXATĂ PE RÂUL PRUT

a) *Eliminarea parțială a bălților.* Bălțile ce însoțeau cursul Prutului de la Ungheni până la vărsare îndeplineau rolul de atenuare a viiturilor, serveau la menținerea adâncimii de navigație și constituiau o sursă de pește. La viituri, scoteau din circuitul agricol o suprafață de 184.000 ha teren agricol. Prin soluția propusă de regularizare a albiei și crearea unei albie majore cu ajutorul unor diguri longitudinale, suprafața inundabilă la viituri putea scădea la 25.000 ha, cu efecte în ce privește protecția mediului prin salubritatea sa.

b) *Crearea de baraje de retenție.* Prin realizarea unor baraje de retenție cu rol complex, suprafața inundabilă s-ar fi putut micșora cu 40%, terenul utilizabil agricol pe toată lungimea râului ajungând la circa 470.000 ha. Locul de amplasare a unui bazin de retenție a fost ales pe defileul dintre Târgul Ștefănești și Lipcani. Se menționează că un baraj cu o înălțime de 100 metri, construit în Cheile Ștefănești, ar fi putut reține 1,3 miliarde m³ apă și ar fi asigurat un debit mediu de 60 m³/s, iar la o înălțime de 110 m baraj, capacitatea acumulării ar fi crescut la 2,4 miliarde m³. Această gândire a prof. I. Andriescu-Cale a fost materializată după anul 1960 prin crearea acumulării sub numele de „acumularea de la Stânca-Costești”.

Pe de altă parte, prin realizarea unui alt baraj pe

Prut, la Șirăuți, cu înălțimea de retenție la cota 140, s-ar fi putut realiza o acumulare de 3 miliarde m³. Atașând la cele două baraje o treaptă de ecluzare, vasele de navigație ar fi putut ajunge în zona superioară a Prutului până la Cotul lui Boian, de unde, printr-o serie de 6-7 baraje mobile, cu ecluze, s-ar fi putut învinge diferența de nivel de 20 m, spre a se ajunge la Cernăuți.

I. Andriescu-Cale considera că prin realizarea acumulărilor de apă de la Ștefănești și Șirăuți, la cotele 100 m și respectiv 140 m, cu un volum total de acumulare de 4,3 miliarde m³, s-ar fi putut asigura o legătură mai ușoară între Prut și Nistru și un debit regulat mediu pe Prut de 69 m³/s. Fiecare cădere a celor două acumulări ar fi putut asigura energia electrică la nivel de circa 11.000 HP, iar la cele 6-7 baraje mobile preconizate între Cotul Morii și Cernăuți s-ar fi putut obține 12.000 HP. Energia obținută ar fi servit la funcționarea propriilor instalații, cât și pentru nevoile localităților Tg. Ștefănești, Lipcani, Rădăuți, Săveni, Noua Suliță, Herța, Darabani și chiar pentru Cernăuți, Dorohoi, Botoșani, Hotin, Bălți, pentru industria alimentară, cea a cimentului și ceramicii, industria electrochimică etc. Piscicultura era considerată o ramură profitabilă a acestor planuri de amenajare complexă, agricultura fiind beneficiară prioritar.

3.4.3. AMENAJĂRI HIDROTEHNICE, CU SCOP PRIORITAR HIDROENERGETIC, CARE ÎNSĂ ASIGURĂ ȘI INDEPENDENȚA ENERGETICĂ A AMENAJĂRILOR HIDRAULICO-AGRARE (IRIGAȚII, DESECĂRI-DRENAJE) AFLATE ÎN PERIMETRUL HIDROTEHNIC RESPECTIV SAU ADIACENT. EXEMPLE DIN ROMÂNIA ȘI DIN ALTE ȚĂRI

1° Hidroenergia și independența energetică în cadrul amenajărilor hidrotehnice complexe

În noua strategie a dezvoltării, după 1970 – când omul este preocupat de problemele ce privesc: pătrunderea în cosmos, materiile prime, protecția mediului, continua industrializare, cu relansarea agriculturii modernizată prin revoluția verde (irigații, desecări-drenaje, fertilizare și plante de mare productivitate), când populația urbană – din centrele mari și agroindustriale – pune numeroase probleme de investiții edilitar-gospodărești, de transporturi etc., problema energiei devine din ce în ce mai acută. Având în vedere resursele din ce în ce mai diminuate de petrol, gaze și cărbune ale subsolului, precum și implicațiile economico-financiar-

re ale schimburilor internaționale de carburanți, specialiștii își îndreaptă din ce în ce mai mult atenția asupra resurselor hidraulice, nucleare, eoliene, geotermale și lumina soarelui.

Energia reînnoibilă va deține, probabil, primul loc în actualul secol XXI.

Subcapitolul de față tratând aspecte hidroenergetice, în cele ce urmează referirile vor privi resursele hidraulice.

Evaluarea resurselor hidraulice se face prin potențialul respectiv. În tehnică se diferențiază, corespunzător etapei:

- *potențialul teoretic* (de precipitații, de scurgere pe versanți și al cursurilor de apă), pentru etapa de inventariere;

- *potențialul tehnic amenajabil*, pentru etapa elaborării schemelor de bazin de amenajare hidroenergetice;

- *potențialul economic amenajabil*, care reprezintă în cele mai frecvente cazuri 18-22% din valoarea potențialului teoretic de scurgere, respectiv 50-75% din valoarea potențialului tehnic amenajabil.

Potențialul teoretic hidroenergetic pe glob, calculat pe baza debitului mediu multianual, este de 3.800.000 MW (după datele prezentate la Conferința a VI-a Mondială de Energie de la Melbourne 1962) putând realiza o producție anuală de energie de 33.000 miliarde kWh/an – tabelul nr. 3.24 (R. Prișcu).

Potențialul tehnic amenajabil este de 1.700.000 MW, cu o producție de 15.000 miliarde kWh (decă 45% din potențialul teoretic linear); Asia se înscrie cu cel mai mare potențial.

În anul 1965, uzinele hidroelectrice au produs 900 miliarde kWh, adică 26% din producția de energie mondială (de circa 3.410 miliarde kWh); aceasta înseamnă mai puțin de 10% din potențialul economic amenajabil mondial. Într-o serie de țări ca Norvegia, Elveția, Suedia, Portugalia, Canada, energia hidroelectrică reprezintă 80% din producția totală de energie electrică.

Tabelul nr. 3.24. Repartiția potențialului energetic pe zone geografice

Continental sau regiunea	Suprafețe (mil. km ²)	Potențial teoretic		
		MW	%	kW/km ²
Africa	30,4	720.000	19,0	23,7
America de Nord	24,4	700.000	18,5	34,3
America de Sud	18,2	620.000	16,0	34,1
Asia	44,7	1.330.000	35,0	29,8
Australia	7,6	170.000	4,5	22,4
Europa	9,8	240.000	6,5	24,5
Regiuni polare	12,4	20.000	0,5	
Total	145,0	3.800.000	100,0	

Dacă până în ultimul deceniu accentul se pune pe realizarea de uzine hidroelectrice de mare și foarte mare putere (tabelul nr. 3.25), în etapa actuală se acordă suficientă importanță și microhidrocentralelor electrice (atât pentru țările în curs de dezvoltare, cât și pentru cele puternic industrializate), precum și corelărilor acestora cu irigațiile.

Tabelul nr. 3.25. Uzinele hidroelectrice de mare putere ($P > 2000$ MW)

Nr. crt.	Denumirea HE	Țara	Puterea instalată (MW)
1	Krasnoiarsk	fosta URSS	6.000
2	Churchill Falls	Canada	5.250
3	Bratsk	fosta URSS	4.500
4	John Day	S.U.A	2.700
5	Nurek	fosta URSS	2.700
6	Volgograd	fosta URSS	2.576
7	V.I. Lenin	fosta URSS	2.300
8	Portage Mountain	Canada	2.300
9	Assuan	Egipt	2.100
10	Porțile de Fier	România și fosta Iugoslavia	2050

Dezvoltarea hidroenergetică în România se poate urmări din graficul prezentat în figura nr. 3.66, pentru perioada 1950-1980, ritmul anual reprezentând 16,20% (R. Prișcu).

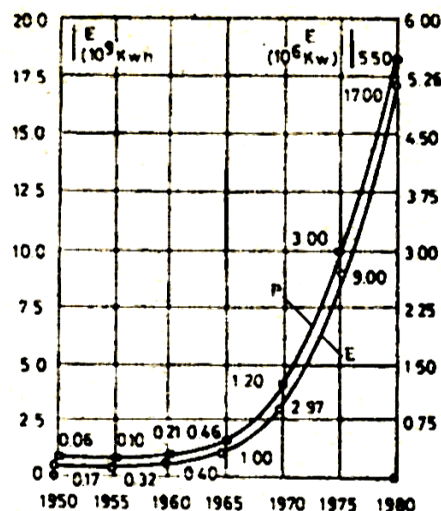


Fig. 3.66. Dezvoltarea hidroenergeticii în România:
P – puterea și E – energia

În anul 1938, puterea instalată era de 500.000 kW, cu o producție de energie electrică de 1,13 miliarde kWh, revenind 72 kWh/an/loc. producția de energie specifică.

În anul 1950 producția de energie era de 3,11 miliarde kWh, cu 130 kWh/an și loc.

Pentru etapa 2000 se prevăzuse a se dispune de 13 milioane kW cu o producție de energie de 38 mild. kWh (A. Cogălniceanu).

În perspectivă, se vor realiza importante uzine hidroelectrice de derivație, cu mari acumulări în zona superioară, pentru ca ulterior să se realizeze și uzine cu acumulări prin pompare, ca centrale de intervenție și rezervă în apropierea cerințelor mari de consum.

Pe cursul mijlociu și inferior al unor râuri cu potențial ridicat continuă să se amenajeze cascade de căderi mai mici, valorificând debitele regularizate în acumulările din amonte (de exemplu cascada de pe Olt, care beneficiază de acumulările de pe Bistrița). Apele acumulate, după uzinare (HE), vor fi folosite pentru irigații în spațiile „Olt-Argeș” și „Siret-Ialomița”. Paralel cu acțiunile hidroelectrice ce se desfășoară pe râurile interioare, pe Dunăre continuă amenajările din zona Porților de Fier.

Marele interes pe care-l prezintă *hidroenergetica* în societatea angajată în plină dezvoltare tehnico-economică și cu independență energetică reliefează necesitatea elucidării și optimizării a o serie de probleme, tehnici, tehnologii și echipamente, pentru care modelările, experimentările și informațiile sunt extreme de utile. Politica energetică a întregii omeniri este confruntată cu o revizuire radicală, atât cu privire la consum, cât și cu privire la valorificarea altor resurse energetice, pentru asigurarea independenței energetice. Această politică se bazează în special pe dezvoltarea energiei nucleare și a resurselor hidroelectrice, cu reducerea aportului centralelor termice.

După anul 2000, probabil că alături de energia hidrolică vor ocupa loc de frunte energiile: eoliană, solară și geotermală. Amenajările râurilor, în scop complex, includ și rezolvarea problemei energetice, în unele cazuri aceasta fiind declanșarea acțiunilor. Exemplele oferite de formula Rhône (legea din mai 1921), prin care avantajele energetice (hidro) au deschis drum navigației și irigațiilor, ca și amenajarea râurilor interioare din țara noastră (Bistrița, Ialomița, Sadu, Lotru, Someșul Cald, Oltul, Siretul și Dunărea) sunt edificatoare. Astfel, cascada hidroelectrică realizată pe R. Bistrița (fig. 3.67), începând cu anul 1951, a condus, pe lângă obținerea de energie, și la atenuarea undelor de viitură, crearea posibilităților de irigații (circa 400.000 ha, în NE Bărăganului), alimentări cu apă și turism.

Amenajarea Dunării, de la Porțile de Fier (fig. 3.68 după R. Prișcu), a creat de asemenea, pe lângă cele 10 miliarde kWh energie (la $Q_{inst} = 8.610 \text{ m}^3/\text{s}$; $H = 27,16 \text{ m}$; $P_i = 2.100 \text{ MW}$, cu construcțiile și instalațiile: $H_{baraj} = 60\text{m}$; $L_{baraj} = 441 \text{ m}$; două centrale hidroelectrice cu câte 6 turbo-generatoare cu turbine Kaplan de 175 MW fiecare; 2 ecluze în două trepte având $L_{sas} = 310 \text{ m}$, $l_{sas} = 34 \text{ m}$, h peste prag = 4,5 m), și condițiile optime pentru navigația fluvială, care asigură tranzitul a 50 milioane tone aval (față de 10 milioane tone posibile în regim neamenajat-nebarat).

Prin această amenajare, suplimentară cu cea de la Porțile de Fier II, au sporit considerabil și condițiile de irigare a marilor unități naturale din Câmpia Română.

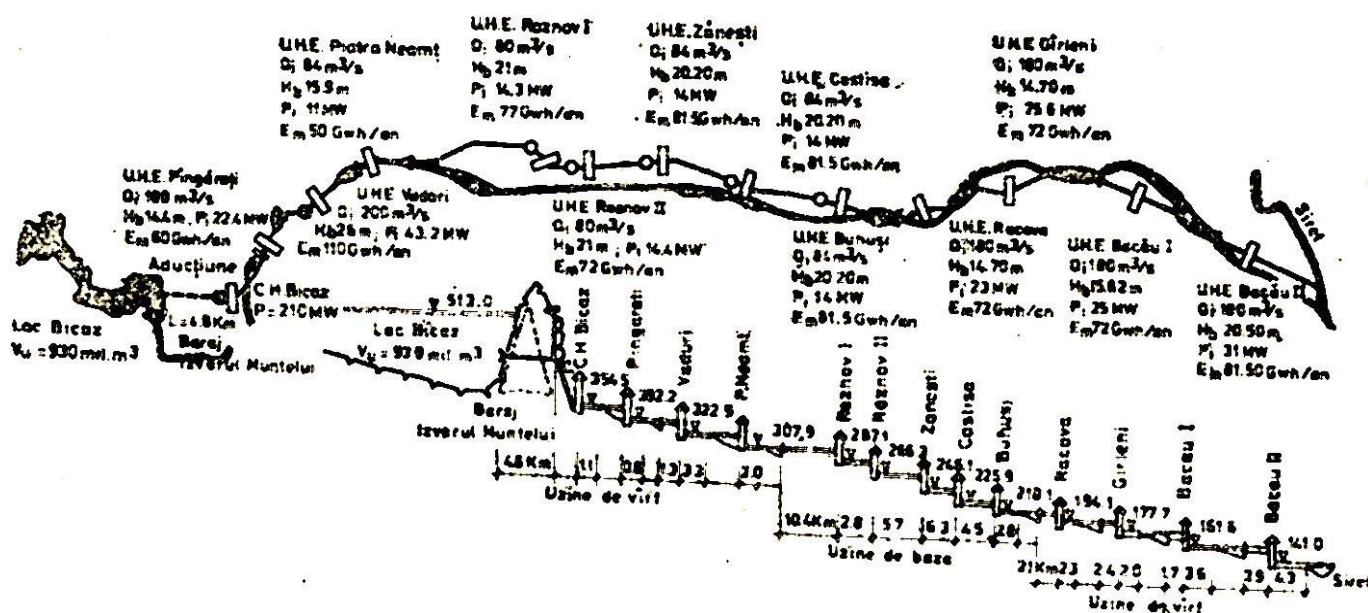


Fig. 3.67. Cascada hidroenergetică de pe R. Bistrița

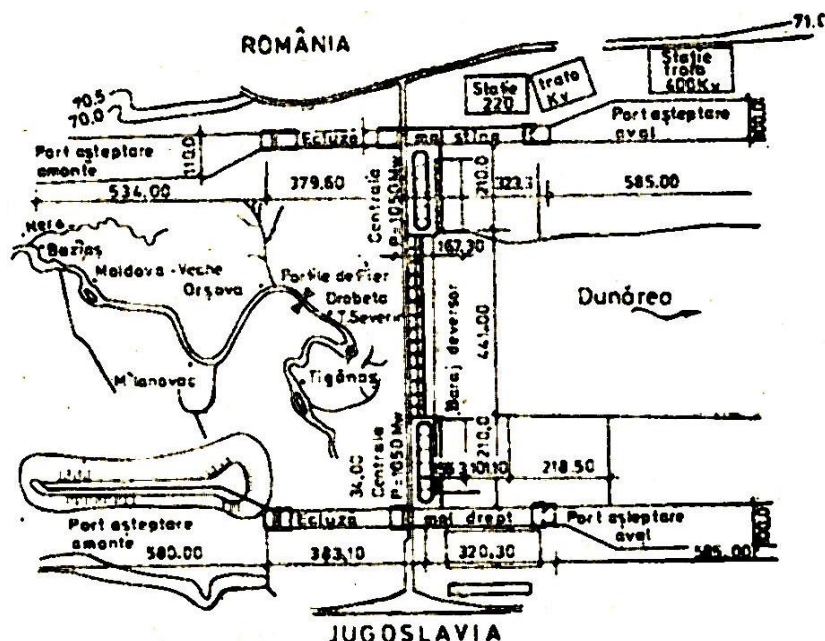


Fig. 3.68. Sistemul hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier

2° Studii, cercetări, soluții de CHE în contextul irigațiilor

În cadrul amenajărilor complexe, în care se înscriu și cele hidroenergetice, se urmăresc câteva obiective specifice, cum ar fi: reducerea pierderilor de energie pe sectoarele de râu și concentrarea căderilor disponibile, pe sectoare scurte, pentru producerea energiei. Studiile se pot întreprinde pentru categorii de soluții clasice, cu centrale mari (fig. 3.69, a, b, c, d), ca și pentru rețele de centrale proprii sistemelor de irigații zonale (cu aducțiuni și distribuții gravitaționale și cu producere de energie) sau centrale de căderi mici, centrale mareomotrice etc. În funcție de posibilitățile de concentrare a căderii se diferențiază amenajări tip: a) uzină-baraj; b) derivații; c) mixte – cu baraj și derivație.

Un complex hidroenergetic extrem de încheșat și cu mari implicații economico-sociale îl constituie amenajarea „Lotru-Olt” (fig. 3.70), care pe lângă producția mare de energie electrică va asigura și condiții pentru irigarea unei suprafețe de peste 800.000 ha în sectorul Dăești-Dunăre.

UH Lotru ($P_i = 500$ MW și $Prod. = 900$ mil. kWh/an) utilizează potențialul R. Lotru și al afluenților, pe o diferență de nivel de 809 m. Amenajarea Lotru este organizată pe două sectoare: pe firul principal (cu barajele Vidra: $H_n = 121$ m,

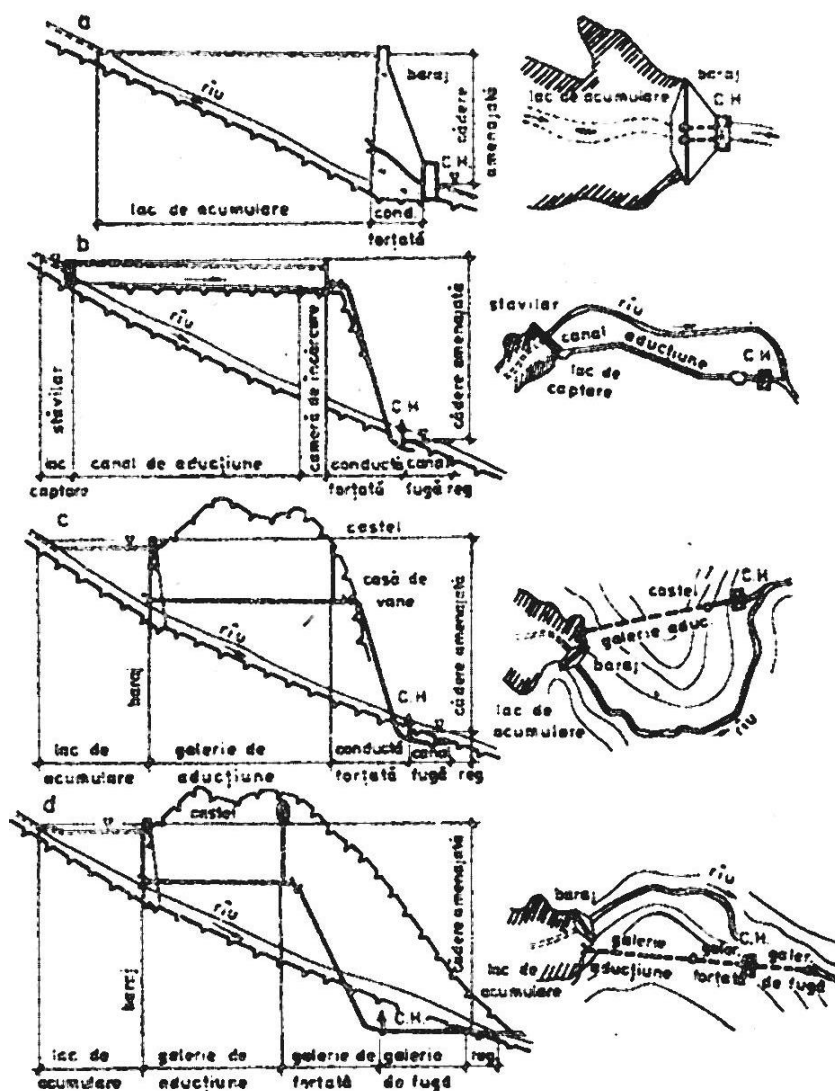


Fig. 3.69. Scheme de soluții de amenajare HE: a) uzină baraj; b) uzină de derivație; c) uzină mixtă, cu baraj de derivație; d) uzină mixtă, subterană

$V_a = 340 \text{ mil. m}^3$, cu 3 turbine Pelton 170 MW fiecare) și pe sistemul de captări și aducțiuni secundare (care suplimentează debitul captat cu $11 \text{ m}^3/\text{s}$ și asigură 73% din stocul de apă uzinabil).

Amenajările de pe R. Olt includ o cascadă de 31 HE pe sectorul Făgăraș-Dunăre, cu o putere instalată de 1 mil. kW și o producție de energie de 2,8 miliarde kWh; volumul total acumulat în lacurile din sectorul Dăești-Dunăre (cu 19 HE) va fi de 360 mil. m³, iar suprafața irigabilă se estimează în total (Lotru și Olt) la circa 800.000 ha.

Cele prezentate până aici evidențiază noua orientare în amenajarea hidraulică, care avea, în general, în trecut un singur obiectiv, de exemplu valorificarea energiei hidraulice, pentru ca în prezent aceste amenajări să se execute în scop multiplu: energie, crearea de rezerve de apă pentru alimentarea cu apă, irigații, piscicultură, protecția mediului, regularizarea râului torențial, navigație etc.

În acest scop, în lume se elaborează modele de gestiune care iau în considerație, alături de informațiile (inclusiv previziunile) hidrologice, și cerințele de dez-

voltare a tuturor sectoarelor economice, dominate de amenajările hidroelectrice respective. Evoluția este deci, peste tot în lume, către amenajările hidroelectrice respective. Sunt remarcabile în acest sens amenajările din complexul bh Vash-Amudaria (Uzbekistan), Plovdiv-Pasardjik – fluviul Marița (Bulgaria), Rhône-Durance (Franța), Steagul Roșu – Lin-Xian (China), axate prioritar pe hidroenergie și irigații.

Este cazul de evidențiat soluția hidroenergetică și pentru irigații a Sistemului Belmeken-Sestrimo (fig. 3.71) din Bulgaria. Acumulările hidroenergetice și pentru irigații din acest sistem, primind apa prin centuri de canale de interceptie de pe versanți, au apă în tot cursul anului, chiar și în perioadele secetoase.

Acest sistem hidrotehnic, fiind reprezentativ prin soluția unitară „**hidroenergie-irigații**”, va fi prezentat pe scurt. Cascada hidroenergetică Belmeken-Sestrimo (prin care se termină alimentarea gravitațională cu apă a marelui sistem de irigații Topolnița) utilizează apele râurilor Mestra și ale canalelor de centură, Marița, care-și au izvoarele în versanți N-E și S al masivului Rila.



Fig. 3.70. Schema de amenajare HE a râurilor Lotru-Olt și surse de apă pentru irigații

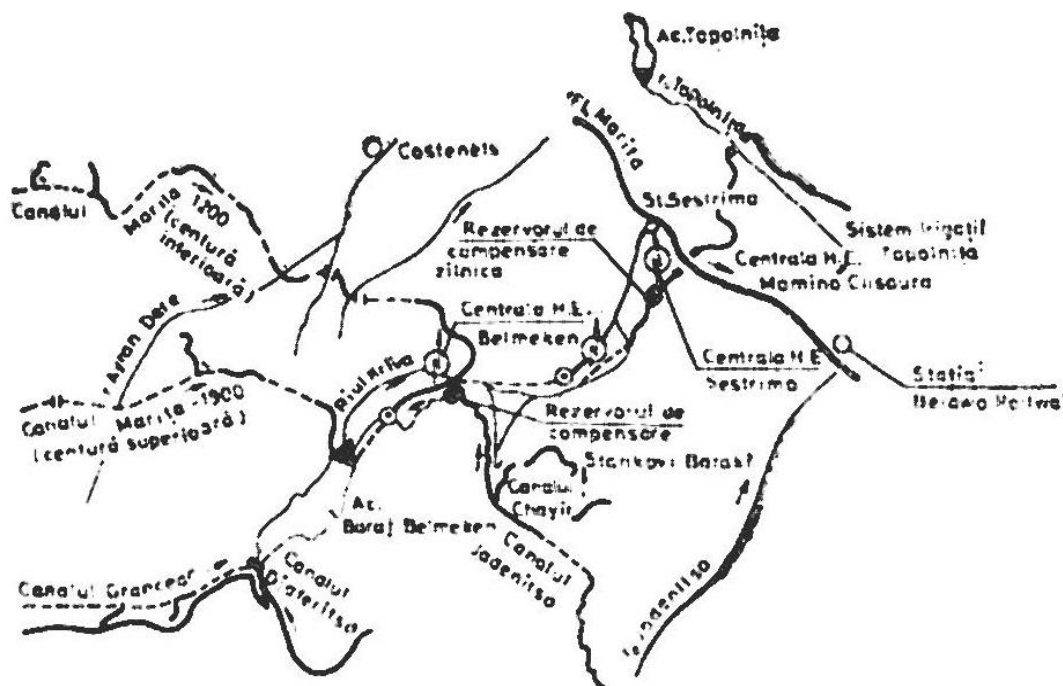


Fig. 3.71. Schema sistemului Belmeken-Sestrimo

Bazinul versant, care asigură apa prin trei centuri de canale zonale, ca și prin râurile locale, cuprinde o suprafață de 473 km² (v. fig. 3.71). Prin cele 269 prize de apă ale celor 3 centuri zonale de captare-alimentare (Grâncear, Djaferitsa, Marița – 1999, Jadenitsa, Chayir, Marița – 1200) se aduce anual un volum de 358 milioane m³ apă în cascada Belmeken-Sestrimo. Acest volum de apă reprezintă 91% din scurgerea totală din acest bazin.

Lungimea totală a canalelor de captare-alimentare este de 272 km, din care 73 km sunt tuneluri. Volumele de lucrări reclamate au fost de: 4.836.000 m³ terasamente deschise-debleu, 687.000 m³ terasamente în tunel, 702.000 m³ betoane, 673.000 m³ cofraje, 5.200.000 m³ ramblee. Se mai adaugă: 62 km impermeabilizări canale prin betonare, cu turnare pe loc; 128 km canale prefabricate de beton; 63 km tuneluri fără presiune; 6,6 km tuneluri sub presiune, 5,6 km dăchere.

Cascada energetică Belmeken-Sestrimo cuprinde un baraj (Belmeken) și 3 centrale hidroelectrice (v. fig. 3.71) cu o putere totală de 755.000 kW. Apa acestei cascade HE irigă 60.000 ha în complexul Plovdiv-Pazardjik, sistemul Topolnitsa.

În secțiunea din fig. 3.72 se pot citi poziția, cota și modul funcțional al relațiilor: baraj-contrabaraj-acumulare-rezervor compensare canale zonale de captare alimentare-hidrocentrale și volume acumulate.

Barajul Belmeken este în anrocamente, cu nucleu din argilă, are o înălțime de 98 m și o lungime la coronament de 735 m. Lățimea maximă la bază este de 400 m, iar volumul rambleului este de 4 milioane m³.

Volumul de apă înmagazinat este de 145 mili-

oane m³ anual, se tranzitează prin lac 358 milioane m³. Lacul de acumulare este limitat, spre coada lui, printr-un contrabaraj cu înălțimea de 30 m, care barează valea de sud-vest.

Alimentarea cu apă a acumulării barajului Belmeken se face în principal prin cele două centuri superioare de canale zonale de captare-alimentare.

Centura I – superioară cuprinde canalul Grâncear (pe stânga) și canalul Djaferitsa (pe dreapta).

Canalul de alimentare Grâncear se află la cota 2.000 m, are o lungime de 54,6 km și transportă un debit de 23,24 m³/s, un volum anual de 85,5 milioane m³, de pe un bazin de recepție propriu de 82,3 km², prin intermediul a 61 prize de apă. Acest colector zonal primește și apele canalelor de adâncime Monastriska, Iliena și Bistrița, în lungime totală de 82 km (din care 20 km sunt tunele), de pe un bazin de recepție de 76,8 km² prin intermediul a 88 prize de apă.

Volumul anual de apă adus de aceste 3 canale este de 85 milioane m³.

Canalul de alimentare Djaferitsa face parte tot din centura superioară 0 – care alimentează pe dreapta acumularea Belmeken cu un volum anual de 3,3 milioane m³ apă, colectată prin 15 prize de pe un bazin versant de 4 km². Canalul are o lungime de 10,5 km și un debit de 0,55 m³/s.

Centura II cuprinde canalul Marița 1900, în lungime de 25 km (din care 16 km tuneluri), care colectează, prin 18 prize, apa de la un bazin hidrografic de 67,7 km². Cu un debit de 12 m³/s acest canal alimentează acumularea Belmeken, cu un volum anual de 73 milioane m³ apă.

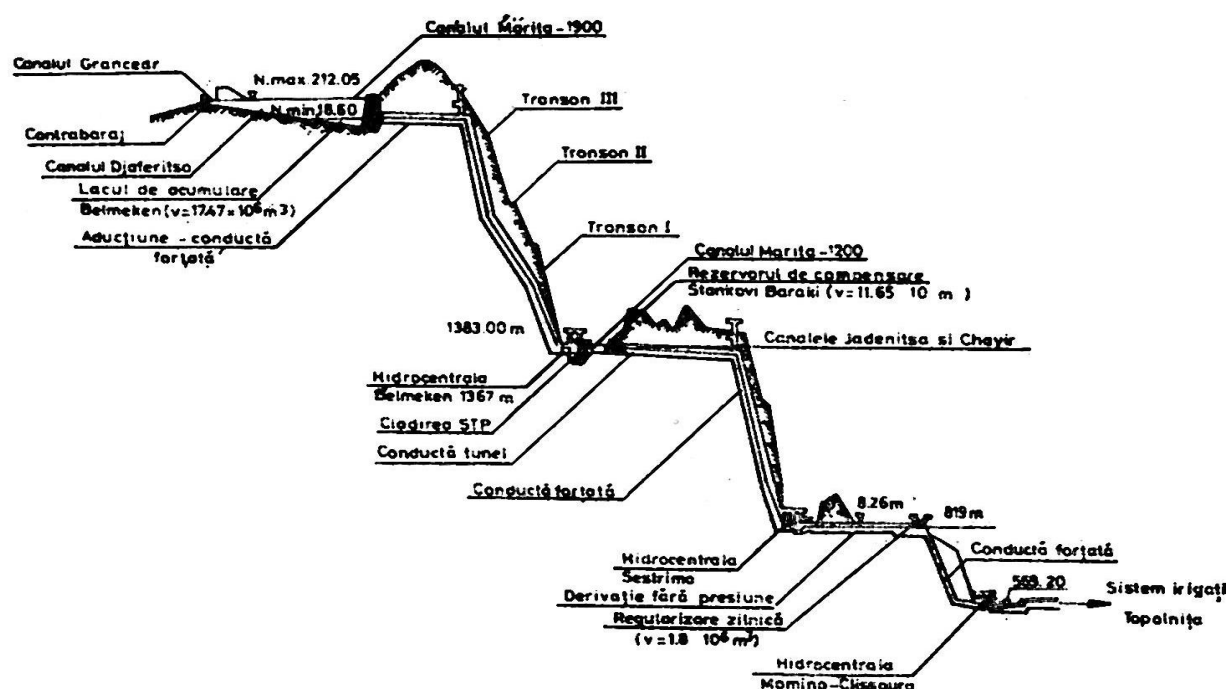


Fig. 3.72. Cascada hidroenergetică și pentru irigații Belmeken-Sestrimo

Centrala hidroelectrică Belmeken este amplasată în regiunea Stankovi-Baraki și este alimentată direct din lacul de acumulare aferent barajului Belmeken cu un debit instalat de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ și o cădere de 937 m. Elementele componente sunt: priza de apă la baraj, un tunel sub presiune lung de 3000 m, un turn de echilibru cu o înălțime de 90 m, o conductă forțată subterană lungă de 2400 m și clădirea hidrocentralei cu 5 agregate, din care două sunt reversibile. Hidrocentrala funcționează, de asemenea, și pentru pompare de acumulare. Puterea totală instalată este de 375.000 kW, iar producția anuală de energie electrică este de 570 milioane kWh.

Bazinul de compensare Stankovi-Baraki are un regim de regularizare zilnică. Barajul construit din anrocamente are o înălțime de 90 m și un volum (al rambleului) de 153.000 m^3 . În acest bazin aduce apă și centura inferioară de canale zonale: Marița 1200, Chayir și Jadenitsa.

Centrala hidroelectrică Sestrimo este amplasată amonte de localitatea Sestrimo, are un debit instalat de $62 \text{ m}^3/\text{s}$, o cădere de 554 m, un tunel sub presiune lung de 3.500 m, conductă forțată subterană de 1.400 m.

Echipamentul hidrocentralei este format din 2 grupuri cu o putere instalată de 260.000 kW și o producție anuală de energie de 444 milioane de kW.

Centrala hidroelectrică Momina-Clissoura urmează hidrocentralei Sestrimo. La ieșirea din hidrocentrală, apa este condusă printr-un canal deschis trapezoidal ($Q = 56,90 \text{ m}^3/\text{s}$; $L = 2.490 \text{ m}$) într-un rezervor de compensare ($V = 200.000 \text{ m}^3$), iar din acesta, printr-o conductă forțată subterană ($\varnothing = 4 \text{ m}$; $L = 1.260 \text{ m}$), la cele două turbine ale hidrocentralei. Puterea totală a

HE este de 120.000 kW, iar producția anuală este de 210 milioane kWh. Căderea exploatată este de circa 250 m, iar debitul de $55,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Studiile și cercetările pentru amenajările hidroelectrice se referă la condițiile și tehnicile de producere (1), transport (2) și distribuție (3) a energiei, cu aspectele financiare respective.

Pentru transport și distribuție se studiază concepția și structura rețelilor din punct de vedere al tensiunilor, protecțiilor și stabilității dinamice a rețelilor.

În funcție de condițiile climatice, de mediu-equipare-densitate (rural-urban), atât de diverse, se studiază dispariția și adaptarea construcțiilor de linii aeriene sau subterane și posturile de transformare.

Studiile vizează, de asemenea, cerințele specifice gestiunii și exploatării instalațiilor în regim automatizat.

Studiul de ansamblu al amenajărilor hidroelectrice vizează în primul rând inventarierea și punerea în valoare a resurselor hidroelectrice care sunt destul de importante pe glob, în diferite țări, dar care sunt puțin valorificate și în unele zone puțin exploatate.

Punerea în valoare a acestor resurse se analizează diferit și după gradul de echipare al țării respective.

Acolo unde există echipament și condiții tehnico-economice și au fost valorificate căderi importante, contează valorificarea căderilor mici care pot completa cerințele de extindere a rețelilor.

În zonele și țările cu preocupări noi în acest domeniu, studiile trebuie să înceapă prin: inventarierea amplasamentelor, analiza cerințelor potențiale, planificarea producției, distribuția la consumatori (concen-

trați sau dispersați, cu activități agroalimentare, industriale) cu programarea investițiilor necesare.

Studiul lucrărilor clasice se referă la concepția și construcția barajelor, cu fiabilitatea și eficiența pentru: baraje de retenție și baraje pe firul apei (cu scop de controlul viiturilor, irigații, alimentări cu apă, producerea de energie etc.), în condiții climatice, hidrologice și geologice locale.

Cercetările pentru tehnologii noi vizează: optimizare stocului de apă disponibil și a fluxului (în cazurile respective), utilizarea energiei valurilor și a mareelor etc. Acestea au dezvoltat centralele de acumulare energiei prin pompare, care utilizează, în orele de consum scăzut, electricitate nehidraulică, cu debit (de energie) puțin modulabil (producția centralelor nucleare în special), reconstituind resursele hidraulice care pot fi mobilizate în orele de consum de vârf.

În categoria tehnologiilor noi se înscriu și cercetările pentru realizarea de hidrocentrale prefabricate (SOGREAH – Franța și HIDROPROIECT – Moscova), ca și de microhidrocentrale de tip artizanal (de putere slabă, cu minimum de întreținere și de mare fiabilitate).

La problematica de mai sus, în studiile speciale se încadrează și problemele privitoare la baraje și energie, centrale speciale și microhidrocentrale etc.

3° Baraje și energie

Soluția amenajării, ca și a fiecărui element, dificil de fundamentat numai prin calcul, poate beneficia de aportul metodelor care permit să se ajungă la soluții optime, cu costuri rezonabile, luându-se în considerare securitatea ce se asigură.

Aceasta se referă atât la barajele de mare cădere, cât și la cele de pe firul apei, precum și la construcțiile de utilizare a energiei mareelor.

În mare măsură studiile pe modele pot fixa soluțiile de prevenire și reducere a fenomenelor de degradare a retențiilor (de exemplu, prin colmatare).

Centralele termice clasice ca și cele nucleare beneficiind în foarte mare măsură de amenajările hidrotehnice, prin debitele considerabile de apă pe care le reclamă, sunt interesate, de asemenea, în valorificarea modelelor reduse.

Colmatarea lucrărilor de acumulare și stabilitatea versanților acestor lacuri sunt probleme comune tuturor amenajărilor de baraje.

Studiul celor două fenomene colmatarea și alunecarea cu cauze diferite și consecințe asemănătoare asupra reducerii volumului de acumulare, se poate efectua pe teren, precum și pe modele reduse, pentru:

- estimarea transportului solid și rata colmatării;
- fixarea măsurilor destinate să prevină, să reducă sau să evacueze sedimentele din lac (ca dragajul, metode ce folosesc curenți de densitate sau dispoziții-

ne de golire de fund, sifonare prin baraj etc.);

- estimarea timpului în care s-ar putea colmata total lacul, fără a se lua în considerare măsurile de prevenire a aluvionării, în scopul de a se evita surprizele, în cazul în care măsurile prevăzute nu s-ar dovedi eficiente;

- estimarea acțiunilor de instabilitate a versanților prin alunecare, prin acțiunea valurilor, prin prăbușirea terenului ca urmare a îmbibării cu apă;

- aprecierea undelor provocate de alunecările masive de teren în lac;

- estimarea vitezei de alunecare a versanților din momentul în care mișcarea s-a declanșat, fenomen legat de formarea și propagarea undei etc.

Aspectele de mai sus, ce pot fi apreciate prin studiul pe modele reduse, au rolul de a fixa soluția constructivă de baraj și condițiile tehnice de exploatare.

Volumul de colmatare și reducerea acestuia afectează aspectul economic al lucrării, în timp ce mărimea și viteza alunecării afectează siguranța barajului.

Pentru baraje de mare cădere, care înmagazinează cantități enorme de energie, studiile pe modele reduse pot conferi proiectantului date sigure pentru elaborarea proiectului de execuție.

Dacă la nivel de faze preliminare ale proiectului de execuție pot fi folosite, în baza unei anumite experiențe, studiile pe planuri, la nivel de proiect de execuție sunt indispensabile studiile pe modele, pentru a se putea preciza diversele soluții constructive funcționale ale: evacuatorilor de ape mari, golirilor de fund sau intermediare, sistemelor de disiparea energiei, a fenomenelor de afluiere cu măsurile de protecție etc. În studiul pe modele reduse, trebuie să se acorde mare atenție zonei din aval de construcție, condițiilor și mijloacelor de tranzit al aluviunilor.

Pentru amenajarea complexă Khashm el Girba – Sudan, s-au întreprins studii pe modele reduse asupra structurilor hidraulice, batardourilor provizorii și implantării uvrajelor.

Au mai fost, de asemenea, efectuate studii asupra lucrărilor de ordin geologic, construcții de geniu civil, echipament hidroelectric etc., precum și cele ce-rute de amenajările de irigații (ce valorifică apa acumulată).

La studiul marilor baraje (este valabil și pentru barajele de mică cădere) se evaluează și riscurile, luându-se în considerare:

- natura, dimensiunile și situația geo-geografică, cu eventualele intervenții externe, insuficient cunoscute în prima fază a proiectării sau dacă e cazul pentru studiul unui baraj vechi aflat în exploatare, înainte de realizarea acestuia;

- măsurile de urmărire și evaluare a siguranței;

- măsurile de securitate a populației (cu aspectele tehnice, sociale și administrative).

Modelele reduse, prin progresele realizate, permit să se reproducă, cu o similitudine satisfăcătoare, fenomenele care prin cercetare pot fixa mijloacele cele mai economice pentru stăpânirea și controlul lor.

Pentru barajele pe firul apei (din zona inundabilă, care în aparență reclamă lucrări simple, ce se pot soluționa prin studii pe planuri apar totuși probleme extrem de dificile pentru proiectant care nu pot fi rezolvate optim fără studii pe modele.

Astfel, implantarea lucrărilor în albia râului și în lunca inundabilă ridică frecvent probleme dificile de fundare. Pot fi evidențiate ca probleme de modelare: studiul profilelor generale ale uvrajelor, stabilirea condițiilor de manevrare, cu scopul de a menține nivelurile amonte; măsurile de evitare a afluielor și colmatărilor etc. Aceste probleme, ca și altele de acest gen sunt proprii fiecărui uvraj și nu pot fi soluționate optim decât cu ajutorul modelelor reduse, la scări care să permită luarea în considerare a ansamblului de parametri care pot defini soluții sigure, eficace și simple. În general, studiul de implantare a ansamblului de lucrări și al debitelor de viitură se efectuează în laborator la scări 1/100.

Contribuții deosebite în studiul și realizarea unor baraje ce înscriu caracteristici de primariat (ca dimensiuni și concepții constructive) a adus HIDROPROIECT – Moscova, de exemplu:

- pentru amenajarea HE Nurek de pe r. Vakch (Amudaria), s-a realizat barajul Nurek, cel mai înalt din lume (310 m), din materiale locale ($V = 58$ mil. m^3 – anrocamente și pământ, cu nucleu de argilă). Capacitatea de retenție este de 10.500 mil. m^3 , iar $P_i = 2,7$ mil. kW;

- barajul în arc ($H = 271$ m și $l = 785$ m) al UHE Inguri, realizat în condiții de fundare dificile;

- barajul în arc pentru UHE Chirkei ($H = 236$ metri), realizat în zonă cu grad ridicat de seismicitate;

- complexul hidroenergetic Timleansk – prima structură pe teren de fundație nisipos din fosta URSS cu debit de 35 m^3/s pe metru de risbermă;

- amenajarea HE Minguechaur – pe r. Kura, cu $H_b = 80$ m și volumul de retenție – 16.070 milioane m^3 , a format obiectul unor ample studii și proiecte, amplasamentele complexului fiind dificile;

- pentru amenajarea HE Asduan – Egipt, pe fluvial Nil, HIDROPROIECT a desfășurat timp de mai mulți ani (din 1960), un important volum de studii, experimentări și proiecte, datorită faptului că soluția a fost unicat. Pentru prima dată în practica mondială o clădire UHE, înglobată în corpul barajului, a fost construită pentru o sarcină de 72 m.

Realizarea complexului hidroenergetic Saratov a confruntat sectorul de cercetare al Institutului HIDROPROIECT cu probleme cu grad ridicat de difi-

cultate.

Pe lângă problemele curente (de fundație, de descărcare a debitelor maxime, de disipare a energiei în bieful inferior, de reducere a infiltrației – dimensionare a conturului subteran – de închidere a albiei etc.), au intervenit aici și probleme înscrise de folosirea pre-fabricatelor din beton armat (1960).

La noi în țară, fixarea soluțiilor unor mari amenajări hidroenergetice și de navigație (Porțile de Fier I și II, Stânca-Costești, Lotru și Olt-Siriu, Canal Dunăre-Marea Neagră etc.) a fost posibilă în baza unor ample studii pe modele întreprinse de institutele de cercetări și proiectări de profil, ca și de catedrele unor institute politehnice și de construcții (ICH, ISPH, IPT, IPI, IC București etc.).

4° Centralele hidroelectrice acționate de mare¹⁾

Studiul pe modele reduse urmărește să fixeze soluțiile de implantare și să definească și dimensiunile uvrajelor.

Centrala mareomotrice Rance s-a amenajat (1966) pe micul fluviu Rance, care se varsă în mare pe coasta bretonă, prin intermediul unui mare estuar, de peste 20 km lungime (fig. 3.73).

Amplitudinea medie a mării este de 8,5 m, valoarea maximă fiind de 13,50 m. Centrala și barajul sunt situate la 4 km în interior. Dispoziția generală a uzinei, barajul, trecerile deversante comandate prin vane și ecluza (cu o lățime de 13 m), ca și de montare a celulelor batardoului, se văd în figura 3.73, b. Puterea maximă instalată a uzinei este de 240 MW, producând anual prin cele 24 grupuri-bulb (de egale dimensiuni) 500 x 10⁶ kWh. Grupurile-bulb sunt concepute pentru a funcționa ca turbine sau pompe în cele două sensuri de curgere, sau „în orificiu”, permițând scurgerea bazinului spre mare, sau în sens contrar. Acest ultim mod de exploatare se impune când este vorba să se producă energie de vârf optim.

Aceste aspecte de exploatare direcționează tematica studiilor pe planuri și modele reduse:

- evaluarea potențialului energetic, amplitudinea mareelor, dimensiunile bazinului, puterea în diferite variante de curgere a apei; determinarea puterii instalate optime a amenajării;

- caracteristicile lucrărilor provizorii (batardouri, lucrări deversante, prefabricate), cu condițiile de exploatare;

- evaluarea costului lucrărilor (de construcții, electromecanice); determinarea raportului beneficiu/cost etc.

¹⁾ Unele referiri ar privi și CHE valorificând energia valurilor mării. Problema interesează și în acțiunea de cooperare

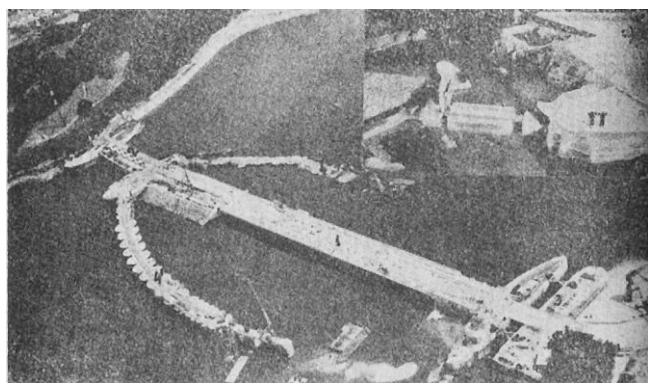


Fig. 3.73. Centrala mareomotrice Rance: a) modelul hidraulic; b) realizarea soluției; 1 – barajul; 2 – centrala; 3 – ecluza; 4, – batardouri (în curs de dezafectare)

5° Microcentrale

Studiile arată în primul rând rolul micro-centralei, cunoscut fiind faptul că se pot prezenta următoarele două funcțiuni, care diferențiază:

- micro-centrale de tip I – cu alimentarea puterii maxime furnizată de centrală, într-o rețea existentă;
- micro-centrale de tip II – cu alimentarea unei mici rețele (exemplu unu sau două sate) neinterconectate cu rețeaua principală.

Analiza celor două situații implică două grupe de considerații tehnico-economice; stadiul dezvoltării economice a unui teritoriu, prezența rețelelor complete energetice, apropierea surselor de energie fiind determinante în alegerea soluției.

Ca amplasare, micro-centralele pot ocupa poziții favorabile pe cursuri de apă (fig. 3.74) sau implantate în rețele de aducțiune și distribuție cu destinații speciale, ca de exemplu pentru irigații (v. fig. 3.64).

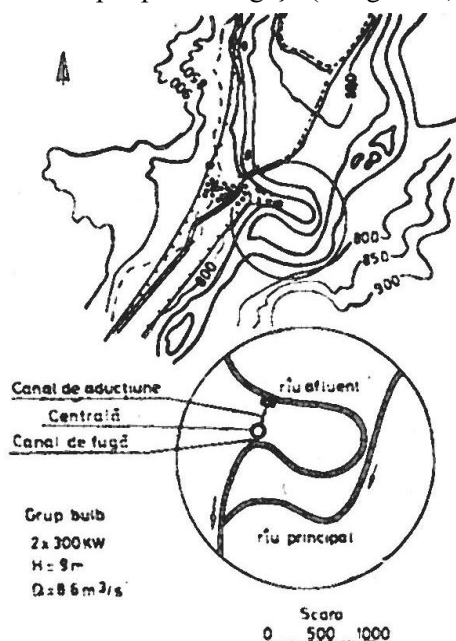


Fig. 3.74. Schema amplasării unei micro-centrale pe o derivație a unui râu

Amenajarea de microcentrale implantate în derivarea canalelor de irigații sau râuri comportă grupuri de tip bulb, pentru căderi relativ mici, pentru amenajări trebuind să funcționeze pe căderi mari – grupuri Kaplan, sau Pelton – pentru căderi foarte mari.

În fig. 3.75 se exemplifică două soluții de accesul apei la turbine, din râu (canal): prin intermediul unei conducte forțate (1) sau direct (2).

Cu privire la amplasarea și echipamentul microcentralei, studiile se referă la situația topografică, geologică și hidrogeologică, respectiv la alegerea, montarea și punerea în funcțiune a echipamentului.

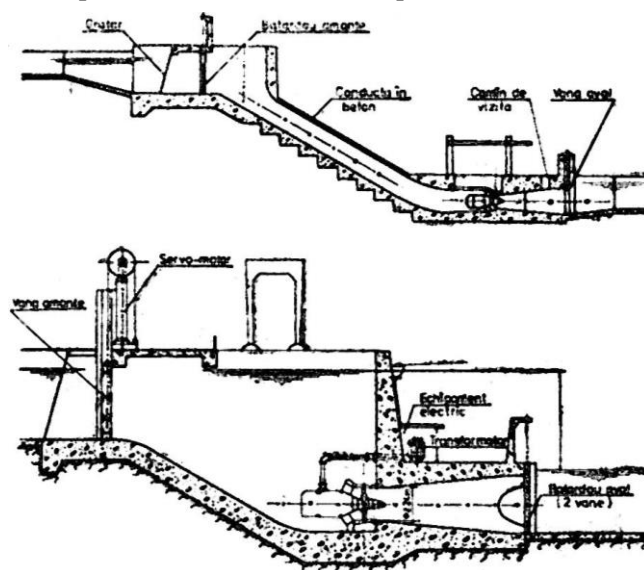


Fig. 3.75. Secțiune prin micro-centrale cu diverse structuri: 1 – accesul apei la turbină printr-o conductă forțată; 2 – accesul apei direct din râu (canal) la turbină

6° Înscrierea centralelor clasice și nucleare în soluția hidrotehnică a canalelor magistrale de navigație-irigații

Studiile cu caracter hidrotehnic au importanță destul de mare avându-se în vedere debitele foarte mari de apă pe care le solicită aceste centrale, precum și condițiile de amplasare și exploatare, vis-à-vis de marile prejudicii ce pot fi aduse în caz de defecțiuni la prizele de apă, ca și la evacuări.

Avându-se în vedere acțiunile ce se întreprind în țară, în acest domeniu, se vor da în continuare unele date informative privind corelarea soluțiilor de irigare-navigație și centrale termo și atomo-electrice. În cele mai frecvente cazuri aceste centrale valorifică – pentru amplasare – condițiile create de realizarea sau existența unui canal de navigație, de irigație sau cu folosințe complexe (exemplu, Centrala nuclearelectrică CNE Cernavodă, Centrala nucleară Bugey sau Fessenheim).

În studiile ce se întreprind pe modele reduse ($S = 1/50-1/125$) și pe modele matematice se urmărește gă-

sirea unor soluții optime de priză de apă (de răcire a CNE), de traseu și de formă de racord a canalului de ocolire (în cazul navigației cu ecluze), de condiții de acces uniform al apei la stația de pompare amplasată pe canalul de priză, de încălzire pe timp de iarnă a apei prelevate de către CNE din canalul magistral, de protecție a prizei de apă contra proceselor de aluvionare și eroziune, de descărcare a apei calde în perioade fără sau cu viituri etc.

Modelele matematice urmăresc să simuleze ansamblul privind formarea, transformarea și tranzitarea undelor de viitură, ca și circulația, dispecerizarea canalelor navigabile și de irigații – surse de apă pentru CNE.

Pe lângă un studiu riguros hidrologic în secțiunea de captare în diverse regimuri de curgere, se acordă un rol deosebit regimului aluvionar.

Scările folosite în modelare, în mod curent sunt:

- 1/125 – pentru studiul interacțiunii globale priză-râu (canal);

- 1/50 – pentru probleme de detaliu, în care se încadrează și structura curenților în zona prizei de apă (fig. 3.76).

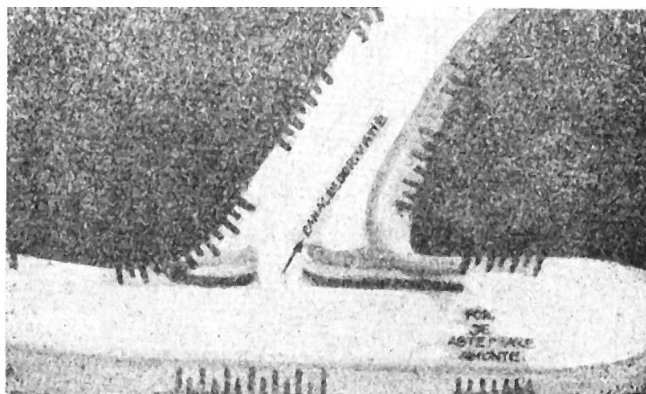


Fig. 3.76. Model hidraulic pentru studiul structurii curenților în zona de ramificație a canalului de ocolire a ecluzei Cernavodă, cu construcții de ghidare (I.C.H.)

3.4.4. PROIECTE INFORMATICE PENTRU MANAGEMENTUL INUNDAȚIILOR ÎN SPAȚIUL HIDROGRAFIC PRUT – BÂRLAD. PREZENT ȘI PERSPECTIVE

dr. ing. Tudor Blidaru, dr. ing. Anca Savin,
ing. Irina Tutunaru, dr. ing. Claudiu Pricop,
mat., A.B.A. Prut – Bârlad Nicolae Tiron***

Rezumat

Managementul eficient al inundațiilor presupune un ansamblu coerent de măsuri corelate, structurale și nestructurale, care asigură prevenția, avertizarea, gestionarea și diminuarea efectelor negative ale acestor fenomene, coordonate la nivelul bazinului hidrografic. Conform prevederilor Directivei Inundații (2007/60/CE)

și în acord cu celelalte elemente ce constituie cadrul legislativ în acest domeniu, este necesar să se asigure cele mai bune practici și tehnologii disponibile pentru evaluările și planificările implicate în managementul inundațiilor.

În cadrul măsurilor nestructurale, un rol deosebit îl au sistemele, tehnologiile, aplicațiile și programele informatice. Utilizarea și integrarea acestor elemente în fluxul informațional – decizional este de natură să reducă semnificativ costurile agregate aferente complexului de măsuri structurale și nestructurale. În acest context, în lucrare se prezintă stadiul actual al proiectelor informatice implementate la nivelul Administrației Bazinale de Apă Prut – Bârlad ce constituie suportul informațional pentru elaborarea de analize, prognoze sau hărți de risc la inundații ale bazinului hidrografic care permite luarea de decizii operaționale și strategice privind managementul inundațiilor. Sunt de asemenea prezentate proiectele informatice în curs de implementare și teme propuse a se realiza cu participarea specialiștilor din cadrul administrației.

Utilizarea acestor instrumente și tehnologii permite factorilor de decizie să beneficieze în mod operativ atât de datele actualizate privind starea sistemului hidrologic și a ansamblului de construcții hidrotehnice cu rol de apărare din patrimoniul administrației, cât și de elementele informative necesare elaborării de evaluări, scenarii și planuri de gestionare a riscului de inundații.

Introducere

Bazinul hidrografic al râului Prut este situat în extremitatea nord-estica a bazinului Dunării și se învecinează cu bazinele Tisa la nord-vest, Siret la vest și Nistru la nord și est. Suprafața totală a bazinului de 27.500 km² se desfășoară pe teritoriul a trei state: Ucraina, România și Republica Moldova. Al doilea afluent ca lungime al Dunării, râul Prut (952,9 km) formează granița între România și Ucraina pe 31 km și între România și Republica Moldova pe 711 km.

Bazinul râului Bârlad, afluent de stânga al Siretului, este delimitat în partea de nord-est și est de bazinul râului Prut.

Din punct de vedere administrativ, spațiul hidrografic Prut – Bârlad ocupă aproape integral județele: Botoșani, Iași, Vaslui și Galați și parțial județele: Neamț, Bacău și Vrancea.

Populația din aceasta zonă este de circa 2,196 milioane locuitori (din care 1215487 în b.h. Prut). Densitatea populației este de circa 112 loc/km².

Relieful spațiului hidrografic Prut – Bârlad aparține Podișului Moldovei și părții de nord-est a Câmpiei Române.

Unitățile reprezentative de relief sunt: Câmpia Moldovei, situată în totalitate în bazinul râului Prut, Podișul Sucevei, limita vestică a bazinului Prut, Podișul Central Moldovenesc, Dealurile pliocene (Colinele Tutovei, Dealurile Fălciului, Dealurile Covurluiului), Câmpia Tecuciului și Câmpia Covurluiului (fig. 3.77).

În spațiul hidrografic Prut – Bârlad se evidențiază o serie de factori favorizanți și agravanți pentru fenomenele de inundare, precum:

- eroziunea avansată a solului pe o suprafață de peste 900 kmp;

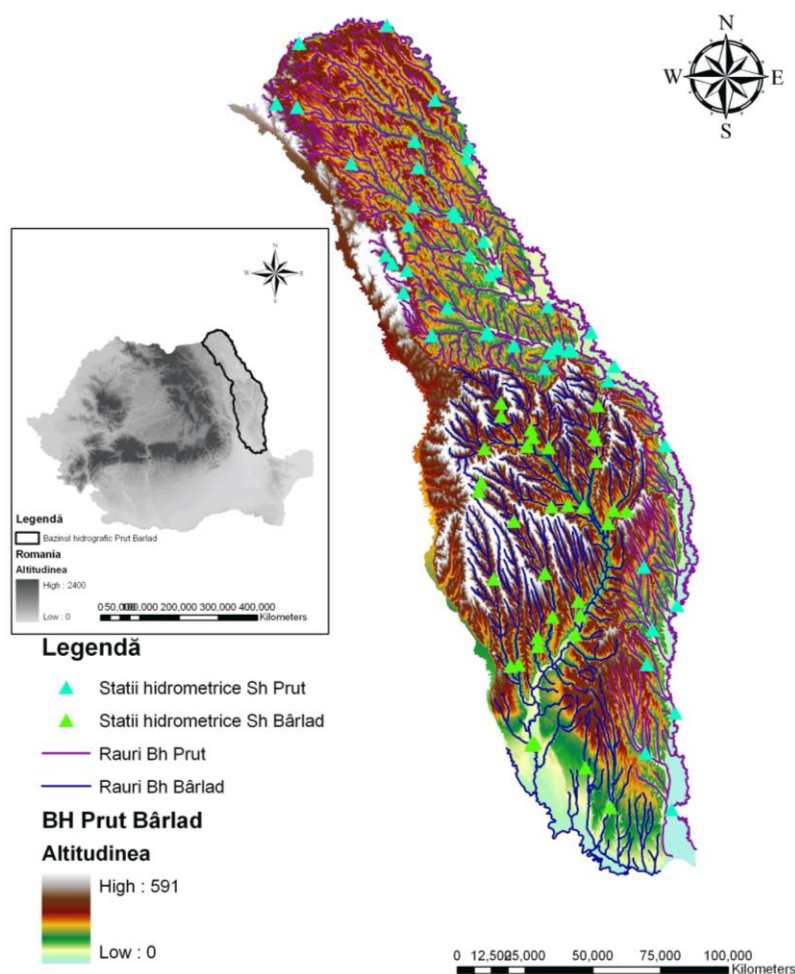


Fig. 3.77. Spațiul hidrografic Prut – Bârlad

- alunecări de teren frecvente în conjuncție cu dezvoltarea de ogașe și ravene pe versanți, în condițiile accentuării caracterului de torențialitate a precipitațiilor;

- erodarea patului albiei și transport aluvionar însemnat pe cursurile de apă din bazin;

- practici agricole incorecte, ca arătura din deal în vale;

- despăduririle accentuate din ultimele decade;

- schimbările climatice reprezentate prin accentuarea fenomenelor extreme – secete prelungite, ani succesivi cu viituri extreme.

Viiturile sunt fenomene hidrologice extreme ce cauzează pagube sociale și economice importante. Ca un exemplu, daunele economice medii din cauza inundațiilor, în România, sunt evaluate la 100 de milioane de euro/an, în anul 2005 înregistrându-se pagube de 1,5 miliarde de euro. În bazinele hidrografice Prut și Bârlad s-au înregistrat în ultima decadă viituri cu pagube însemnate în anii 2007, 2008 și 2010.

Viiturile sunt fenomene naturale și o importantă componentă a ciclului hidrologic al Pământului, care

obligă societatea să reacționeze, pentru evitarea pierderilor umane și materiale. Ele sunt caracterizate prin creșterea bruscă extraordinară a nivelului apei și implicit a debitului până la un maxim, după care urmează scăderea rapidă a parametrilor scurgerii spre valorile normale. Geneză viiturilor este legată în primul rând de condițiile climatice, fiind produse de precipitații torențiale (viituri pluviale), sau de topirea rapidă a zăpezii (viituri nivale) sau mixte (pluvio-nivale). Ele pot fi, în funcție de distribuția în timp, simple/singulare (caracterizate doar printr-un vârf) și complexe (cu mai multe vârfuri). Este demonstrat și acceptat că inundațiile nu pot fi evitate. Totuși, acestea pot fi gestionate și efectele lor pot fi reduse printr-o serie de măsuri și acțiuni (măsuri structurale și nestructurale), pentru a diminua riscurile asociate cu aceste fenomene. Reducerea de daune și pierderi de vieți omenești depinde nu numai de acțiunile din timpul inundațiilor, dar, de asemenea, de măsurile și acțiunile care preced apariția fenomenului.

Cadrul legislativ al activităților privind reducerea riscului la inundații este stabilit de un set de reglementări ce include directivele europene, precum Directiva privind Evaluarea și Managementul Riscului la Inundații 2007/60/EC, Directiva Cadru Apa 2000/60/EC, transpuse în legislația națională prin Legea 107/1996

(Legea Apelor) cu modificările și completările ulterioare (OUG 3/2010), Hotărârea 447/2003 privind modul de elaborare și conținutul hărților de risc natural la alunecări de teren și inundații, Hotărârea 846/2010 referitoare la Strategia națională de management al riscului la inundații pe termen mediu și lung etc. Directivele europene menționate se materializează la nivelul bazinelor hidrografice prin Schemele Directoare de Amenajare și Management ale Bazinelor Hidrografice, respectiv Planurile de Management și Planurile de Amenajare al Bazinului Hidrografic, în timp ce Strategia națională stabilește obiectivele, măsurile și acțiunile care se impun, ținând seama de noua abordare a problemei inundațiilor bazată pe conceptul de management al riscului. În același document este definit și cadrul instituțional privind diminuarea riscului la inundații, respectiv rolul, atribuțiile și responsabilitățile autorităților publice (centrale, județene și locale) precum și ale altor organizații cu rol determinant în implementarea acestor măsuri.

Infrastructura informațională pentru monitorizarea, avertizare și prognoza fenomenelor hidrologice periculoase

La nivelul Administrației Bazinale de Apă Prut – Bârlad, activitatea de colectare a datelor hidrometeorologice din teritoriu reprezintă sursa primară de informații pentru urmărirea, prognoza și alertarea în cazul apariției fenomenelor hidrologice periculoase și, împreună cu informația referitoare la starea lucrărilor hidrotehnice cu rol de apărare constituie baza informativă a exploatării și întreținerii acestor lucrări. Aceste date reprezintă totodată informația necesară pentru întocmirea de studii și sinteze hidrologice, planuri de măsuri, proiecte de dezvoltare și elaborarea de strategii la nivelul unităților administrativ teritoriale și organizațiilor cu competențe în domeniu.

La nivelul Administrației Naționale „Apele Române” este implementată Rețeaua Națională de Transmisii de Date în Domeniul Gospodăririi Apelor (R.N.T.D.G.A.), care este structurată pe 4 nivele (fig. 3.78):

- **Nivel local (4)** – reprezentat prin unități producătoare de date – stații hidrometrice și de calitate, informații privind exploatarea infrastructurii de gospodărire a apelor, informații folosințe etc., arondate unităților de nivel (3);

- **Nivel decizional teritorial subbazinal (3)** – reprezentat prin unități de colectare de date hidrologice (SGA și Stații Hidrologice), situate aproape în totalitate în reședințe de județ, arondate la unul din centrele bazinale (Administrații Bazinale de Apă);

- **Nivel decizional bazinal (2)** – reprezentat prin

centrele bazinale (Administrații Bazinale de Apă);

- **Nivel decizional național (1)** – reprezentat prin sediul central al Administrației (SCAR). La acest nivel se află, interconectate prin rețeaua VPN, și Institutul Național de Hidrologie și Gospodărire a Apelor și Ministerul Mediului și Gospodăririi Apelor.

În cadrul acestui sistem de tip arborescent circulă atât informații cu caracter operativ (flux rapid: date hidrologice, date privind fenomene periculoase), cât și informații curente (flux lent: prognoze și diagnostice privind diferite fenomene, sinteze, date cu caracter informativ, date cu caracter comercial, economic etc.). Concentrarea maximă a informației (ca substanță) se află la nivelul (1), nivelul de coordonare și control, pentru funcționare ca sistem integrat, capabil să construiască și să aplice strategii la nivel național.

La nivelele (2) și (3) concentrarea este mai mică, dar calitatea informației este necesară pentru luarea unor decizii rapide și corecte în cazul apariției unor fenomene de tip eveniment, avarie, etc.

De regulă la nivelele 1, 2 și 3 centrele de concentrare a informațiilor sunt reprezentate, de **dispeceratele de gospodărire a apelor**, care pe lângă rolul de cunoaștere permanentă a evenimentelor din propriul teritoriu, au și rolul de coordonare a acțiunilor de intervenție, în concordanță cu hotărârile și deciziile conducerilor administrative respective.

Sistemul în ansamblul său este gândit și ca sistem de tip eveniment, deoarece vehiculează și procesează informații referitoare la fenomene naturale periculoase, accidente la construcțiile hidrotehnice, sau poluări accidentale.

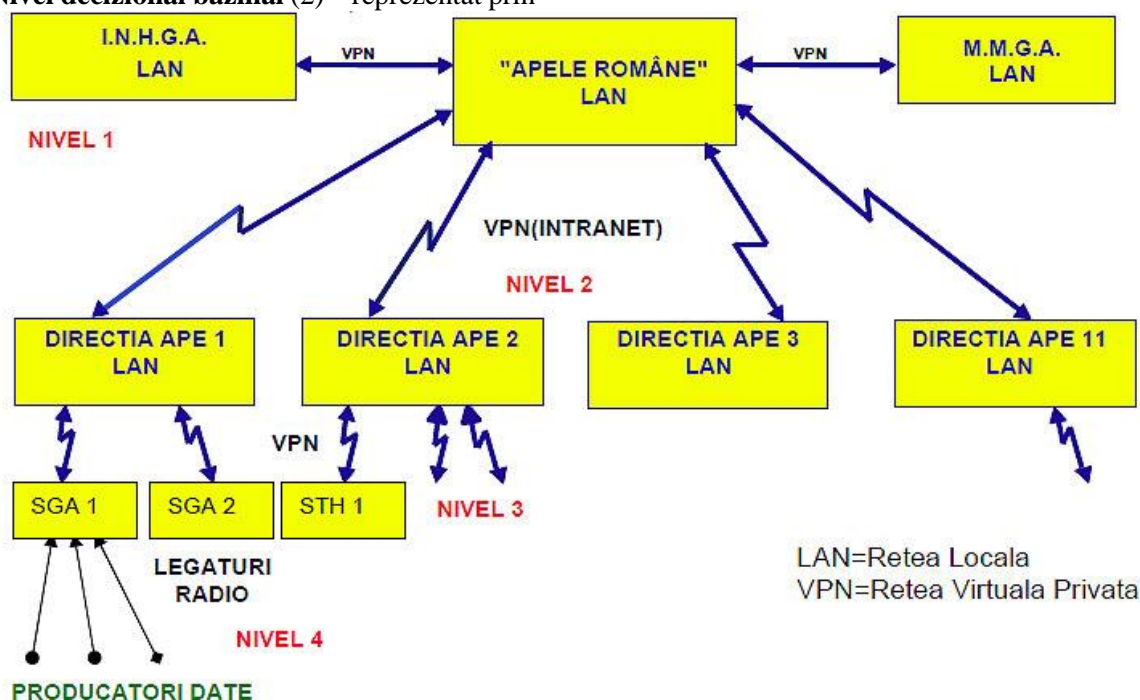


Fig. 3.78. Rețeaua națională de transmisii de date în domeniul gospodăririi apelor

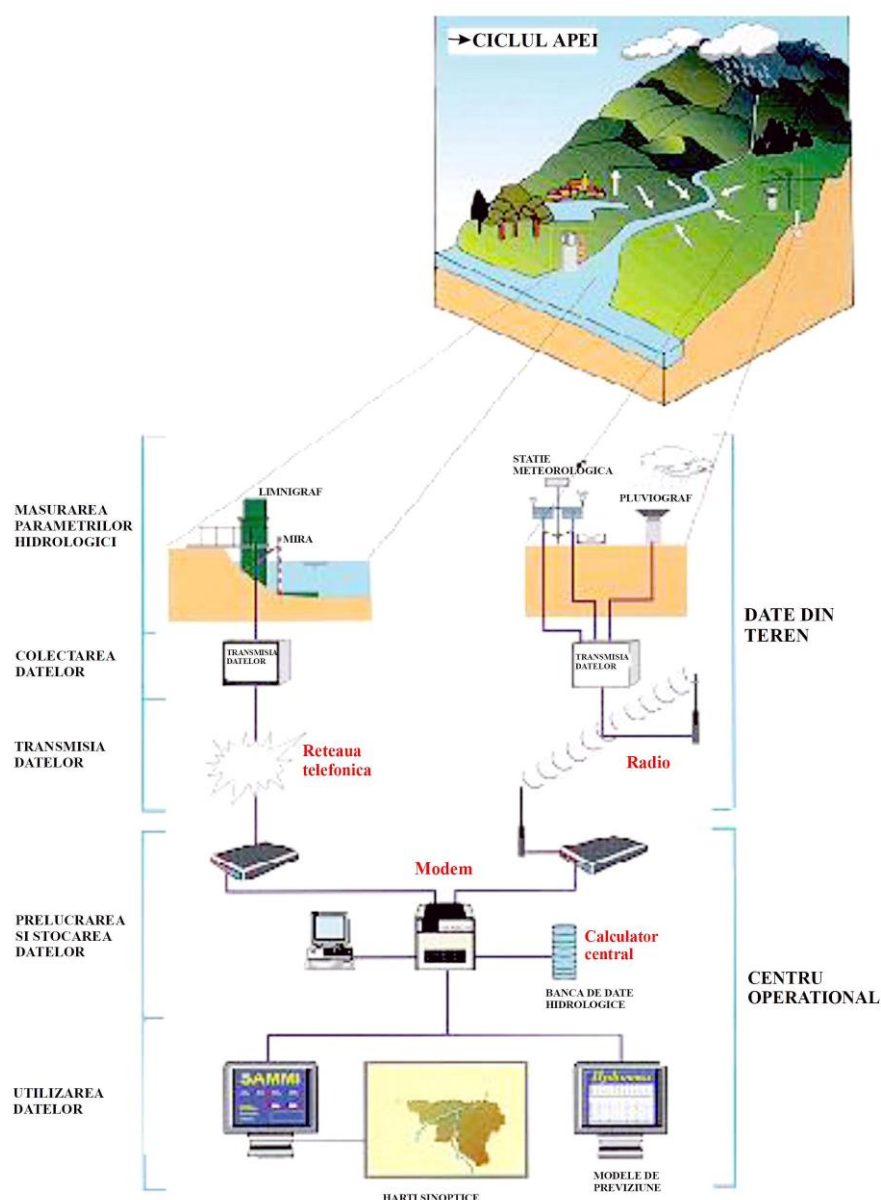


Fig. 3.79. Interconectarea în teritoriu a componentelor RNTDGA

Informația furnizată de sistem stă la baza unor decizii necesare pentru diminuarea efectelor unor astfel de fenomene.

Principiul este ca organul de decizie să aibă întreaga informație asupra fenomenului supravegheat, cu maxim de anticipare posibil și cu eroare minimă.

Din acest motiv, nivelul (4) este la fel de important în cadrul sistemului, deoarece măsurarea precisă a parametrilor permite prelucrarea corectă la nivelele superioare.

Pentru asigurarea unei transmisii eficiente de date este implementat la nivel național sistemul de comunicații radio UHF și GSM al AN „Apele Române”. (fig. 3.79). Comunicația de date securizată pe internet este asigurată de o rețea de tip VPN.

La nivelul ABA Prut – Bârlad sunt în utilizare

curentă sau în curs de dezvoltare o serie de aplicații și sisteme software ce deservește palierele decizionale și cerințele operative.

Aplicații și sisteme software pentru asistarea deciziei pe termen mediu și lung

Aplicații GIS. Conform prevederilor legale în domeniu, s-au elaborat și finalizat în anul 2010 la nivelul Administrațiilor Bazinale de Apă hărțile GIS cu benzile inundabile, aplicația fiind coordonată și integrată la nivel național de către INHGA (fig. 3.80). Delimitarea cartografică a zonelor inundabile reprezintă o primă formă a suportului informațional unitar pe țară care pune la dispoziția decidenților suportul informațional necesar pentru adoptarea unor categorii de măsuri pentru prevenirea producerii de inundații și atenuarea efectelor acestora (fig. 3.81).

Sistemul WIMS (Water Information Management System). O aplicație complexă de tip platformă informatică pentru gospodărirea apelor, bazată pe platforma GIS și bazele de date relaționale SQL este reprezentată de sistemul WIMS. Acest sistem permite îmbunătățirea abordării integrate a managementului apelor, prin implementarea aplicațiilor web la nivelul ANAR, ABA, SGA și INHGA prin:

- spațializarea Cadastrului apelor ca aplicație unificată și ușor actualizabilă (HydroMap);
- portal organizațional intern;
- managementul documentelor și fluxurilor de lucru;
- raportare și extragere de informație utilă în mod centralizat;
- integrare cu aplicații existente;
- portal extern dezvoltat pentru informarea și participarea publicului.

În cadrul Portalului Extern sunt vizibile informații furnizate de aplicațiile WISE și INSPIRE. Datele furnizate de INSPIRE sunt reglementate de Directiva 2007/2/CE a Parlamentului European și a Consiliului, de instituire a unei infrastructuri pentru informații spațiale în Comunitatea Europeană.

Baza de date georeferențiată implementată în cadrul sistemului WIMS regroupează informațiile exis-

tente în prezent în aplicația Cadastru Ape într-o nouă structură de tip geodatabase gestionată și accesibilă prin ArcGis Server. Structura noii baze de date georeferențiate respectă strategia existentă de organizare a obiectelor cadastrale.

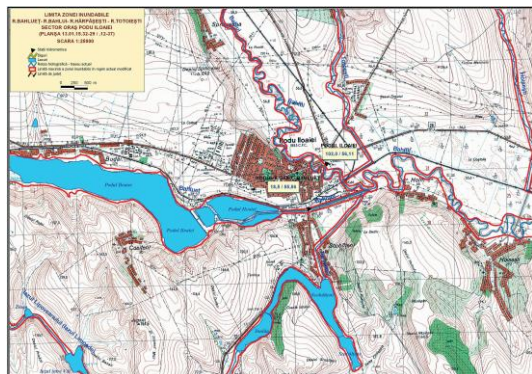


Fig. 3.80. Banda de inundabilitate din zona orașului Podul Iloaiei

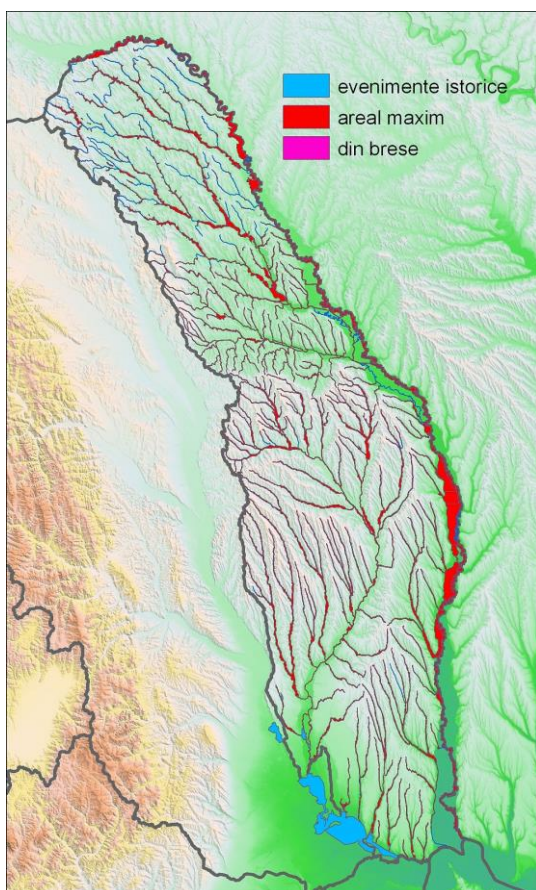


Fig. 3.81. Evidențierea tipurilor de inundații

Alături de obiectele cadastrale în format spațializat, în baza de date se regăsesc fișiere raster care constituie layere de background pentru datele afișate. Având o arhitectură scalară și o structură complexă și flexibilă, baza de date georeferențiată oferă funcționalități cheie de management a informațiilor spațiale:

- stochează o colecție extensivă de tipuri de date

într-o locație centralizată;

- aplică datelor existente reguli și relații complexe;
- definește modele avansate de relaționări spațiale;
- menține integritatea datelor spațiale;
- lucrează în cadrul unui mediu de editare cu acces multi-user;
- oferă capabilități de integrare cu date spațiale provenind din baze de date externe.

La nivelul fiecărei Administrații Bazinale (ABA) se pot accesa și afișa informații spațiale corespunzătoare ABA-ului respectiv. Datele editate sunt agregate la nivel central (SCAR) în baza de date spațială ce cuprinde toate informațiile spațiale existente la nivelul întregii țări. Prin metode de replicare specifice ArcGIS editările și adăugările de date la nivel local se transmit sincronizat în baza de date centrală.

Accesul și modalitatea de integrare între modulele sistemului se realizează conform schemei din fig. 3.82.

Aplicații și sisteme suport pentru deciziile operative

Aplicația DISPECER APE

În prezent, Dispeceratele din cadrul AN „Apele Române” vehiculează în fluxul curent de date mesaje text standardizate referitoare la starea sistemului, rapoartele informative, rapoartele de poluare (integrate de obicei în cadrul secțiunii calitatea surselor de apă).

Acestea se prezintă sub forma unor fișiere de tip text care sunt transmise de la nivelul 4 către SGA și ABA (nivel 3, nivel 2) și apoi către nivelul 1 prin intermediul e-mail și/sau integrate în aplicația Dispecer-Ape. În afară de aceste mesaje standardizate, există și mesaje administrative, care nu au o formă prescrisă și care au o periodicitate variabilă, în funcție de evoluția situației hidrologice.

Starea Sistemului reprezintă situația hidrometeorologică zilnică și a sistemului de gospodărire a apelor din fiecare bazin hidrografic; din punct de vedere informatic, sunt fișiere de tip text sau înregistrări de tip text concatenate în cadrul aplicației.

Categoriile de date preluate de la rețeaua de stații hidrometeorologice amplasate în teritoriu incluse în mesaj sunt:

1. Date meteorologice – informare zilnică meteorologică din fiecare bazin hidrografic (date sumare);
2. Date hidrologice – informare zilnică hidrologică din fiecare bazin hidrografic (date sumare);
3. Date despre lucrările hidrotehnice – informare zilnică privind starea lucrărilor hidrotehnice din fiecare bazin hidrografic;
4. Date despre asigurarea surselor de apă – informare zilnică privind gradul de asigurare cu apă al folosințelor din fiecare bazin hidrografic;

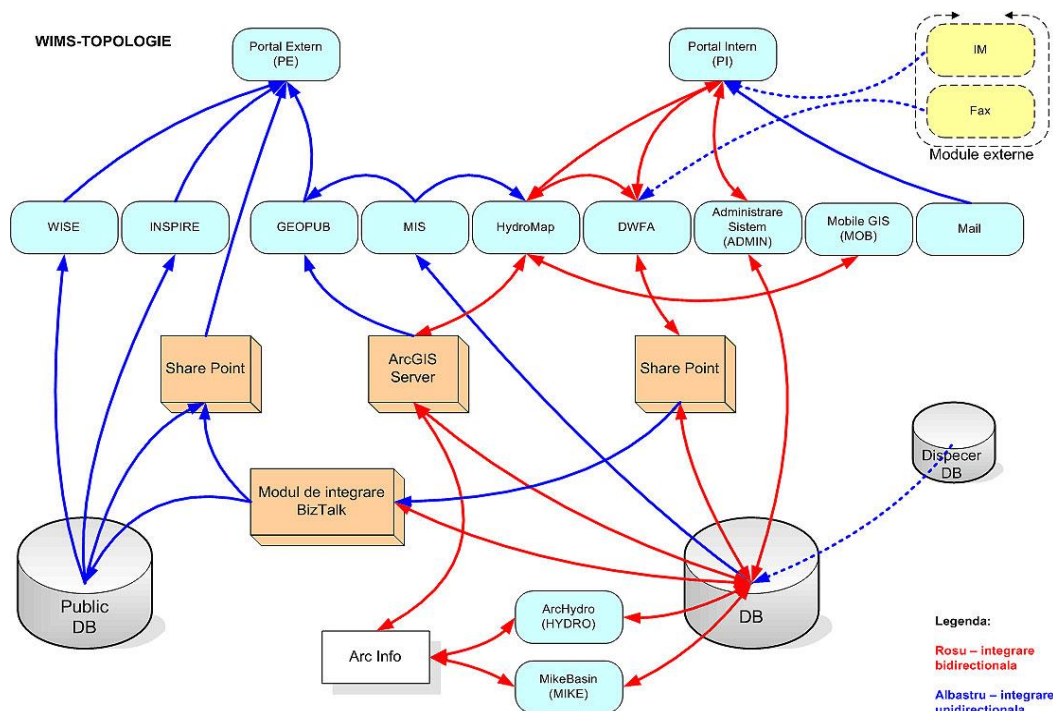


Fig. 3.82. Structura topologică a sistemului WIMS

5. Date despre calitatea surselor de apă – informare zilnică privind calitatea surselor de ape din fiecare bazin hidrografic (la aceasta rubrică se inserează telegramele de avertizare, confirmare și caracterizare a poluărilor accidentale – Rapoartele de Poluare);

6. Date despre Sistemul Informațional – informare zilnică despre situația sistemelor informaționale și de comunicații (radio sau telefonie) din fiecare bazin hidrografic;

7. Măsură și intervenții în caz de necesitate sau manevre efectuate la lucrările hidrotehnice;

8. Observații.

Periodicitatea mesajelor centralizate la nivel ABA și ANAR este o dată pe zi la ora 06:00 – tip ordinar obligatoriu, iar în cazuri excepționale, de mai multe ori pe zi, cu specificarea orei de transmitere – tip extraordinar.

Din punct de vedere al utilizatorului, aplicația oferă un tablou sinoptic actualizat periodic al sistemului hidrologic, permițând evaluarea rapidă a situației la nivel de bazin hidrografic și elaborarea deciziilor corespunzătoare de exploatare – fig. 3.83.

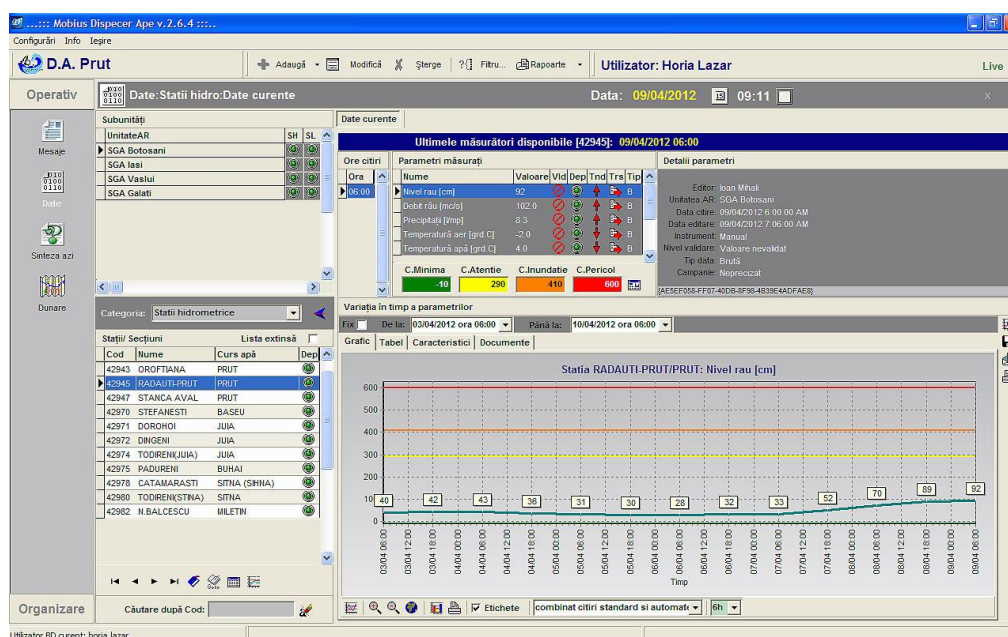


Fig. 7. Ecranul de lucru al aplicației DispecerApe

În prezent aplicația Dispecer Ape este integrată în sistemul WIMS.

Sistemul DESWAT

Sistemul DESWAT (DEStructive Water Abatement) este un sistem hardware și software complex de modelare și prognoză hidrologică bazat pe integrarea datelor furnizate de stațiile hidrometrice și meteo

clasice și automate, estimări radar, prognoze numerice meteorologice, modele hidrologice cu parametrii distribuiți, modele conceptuale cu parametrii globali și modele dedicate pentru viituri rapide.

Informațiile radar sunt obținute prin interfațare cu Sistemul SIMIN (Sistemul Național Integrat de Meteorologie) din cadrul ANM. Prognoza meteo pentru un interval de 48 de ore este furnizată de rularea regionalizată a modelului ALADIN. Ca date de intrare, sistemul

de prognoză RFS acceptă, pe lângă datele meteo provenite de la sistemele ANM, atât informația generată de stațiile hidrologice și meteorologice clasice cât și de la stațiile cu măsurători automate.

În cadrul spațiului hidrografic Prut – Bârlad se prevede instalarea unui număr total de 86 stații hidrometrice și pluviometrice (AHSS și APSS), fig. 8. Modulele software înglobate în sistemul RFS – modelul de prognoză NWSRFS, modelele de prognoză hidrologică cu parametrii distribuiți NOAH-R și TOPLATS, aplicațiile de vizualizare HydroThreatNet (HTN) și respectiv HydroNet Briefing Terminal (HBT), precum și aplicațiile Hidrolog și HYDRAS3 sunt în prezent funcționale.

În acest cadru se elaborează în prezent prognoze în regim experimental la nivelul ABA Prut – Bârlad – Compartimentul Prognoză Bazinală, Hidrologie și Hidrogeologie, sub directă coordonare și îndrumare a specialiștilor din cadrul INHGA București.

Astfel, prin ajustarea parametrilor modelului conceptual SACRAMENTO (inclus în sistemul RFS) s-a realizat simularea viiturii din decembrie 2007 pe râul Berheci.

Etapele de simulare au fost următoarele:

- precipitațiile la 6 ore pentru stațiile Bosia și Feldioara au fost introduse cu comanda RRICNG:

- s-a rulat modelul pentru acest segment de râu; s-au modificat parametrii SACCO, astfel încât debitul simulat de model să fie cât mai apropiat de valorile înregistrate la stațiile hidrometrice.

În urma acestei proceduri, s-au obținut valorile de debite înregistrate, cele simulate de model, precum și precipitațiile distribuite la interval de 6 ore (fig. 3.85).

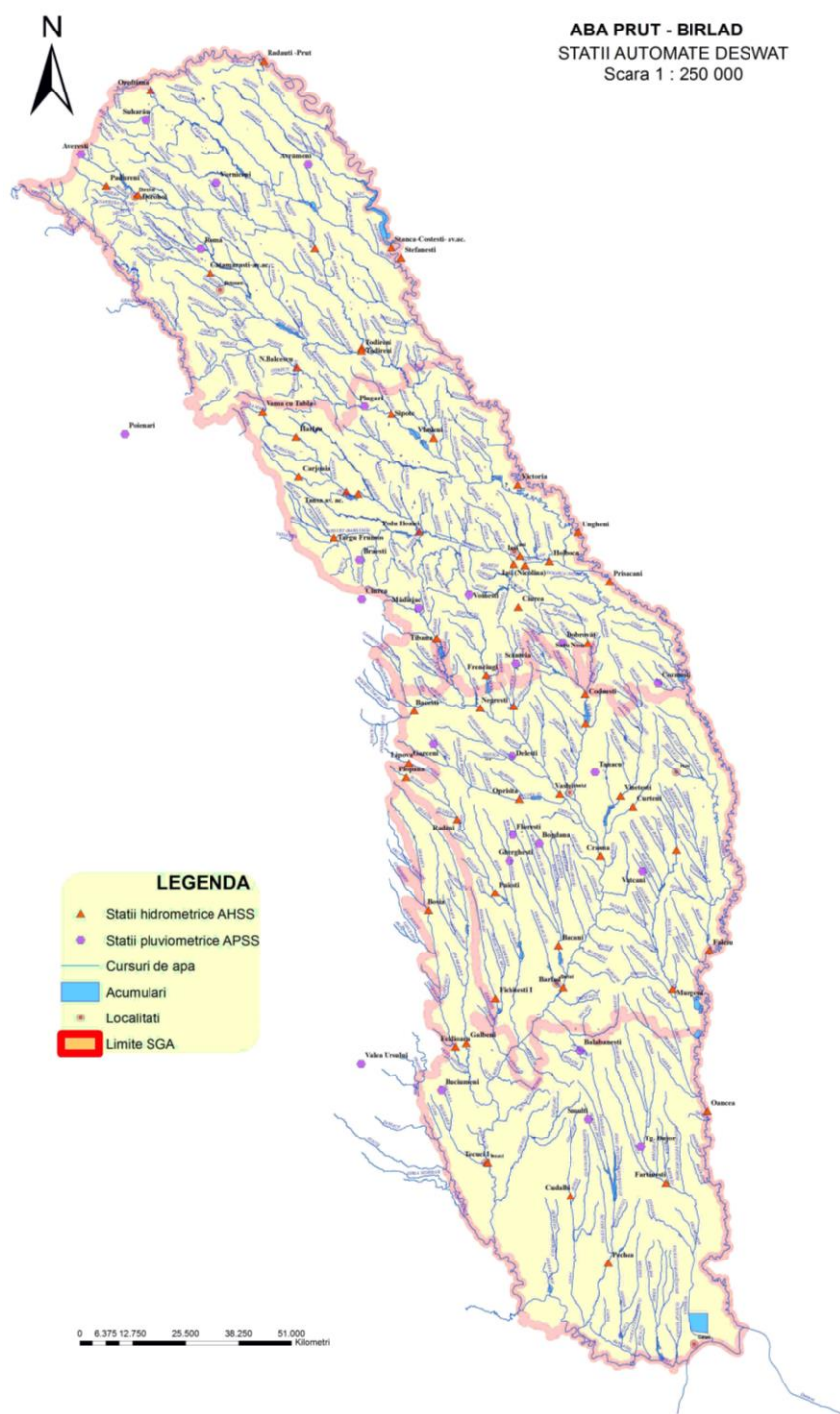


Fig. 3.84. Planul de amplasare în teritoriu a stațiilor automate ale proiectului DESWAT (AHSS, APSS)

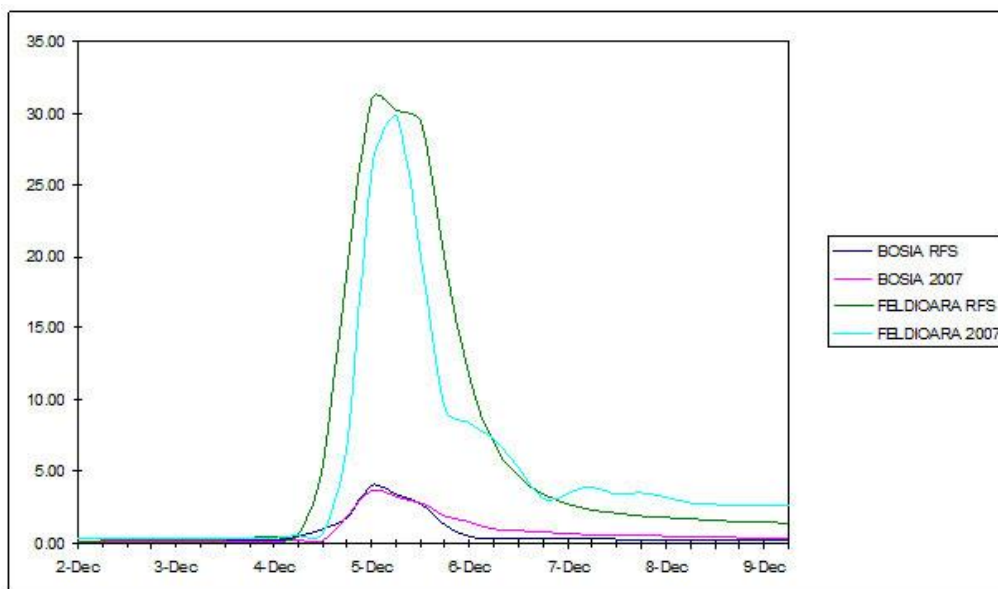


Fig. 3.85. Hidrograful înregistrat și hidrograful simulat folosind aplicația IFP_Map (RFS)

Sistemul WATMAN

Proiectul WATMAN (WATER MANAGEMENT) își propune să integreze structurile sistemelor SIMIN și DESWAT, urmărind următoarele obiective:

- creșterea capacității de reacție rapidă a autorităților competente în situații de inundații, poluări accidentale, accidente la structurile hidrotehnice;
- realizarea unui instrument modern pentru gospodărirea apelor în situații hidrologice extreme: inundații, secete, poluări accidentale;

- evaluarea rapidă a pagubelor;
- integrarea datelor.

Unul din obiectivele specifice proiectului WATMAN este acela de implementare a sistemului de alarmare, organizat în jurul Centrelor de Intervenție Rapidă – CIR, fig. 3.86.

În acest fel, va fi posibilă implementarea unui sistem integrat la cele 4 nivele informaționale – locale, SGA, ABA și ANAR – fig. 3.87, și elaborarea decizională de tip DSS – Sistem de Asistare Decizională – la nivel bazinal – fig. 3.88.



Fig. 3.86. Sistemul de alarmare WATMAN

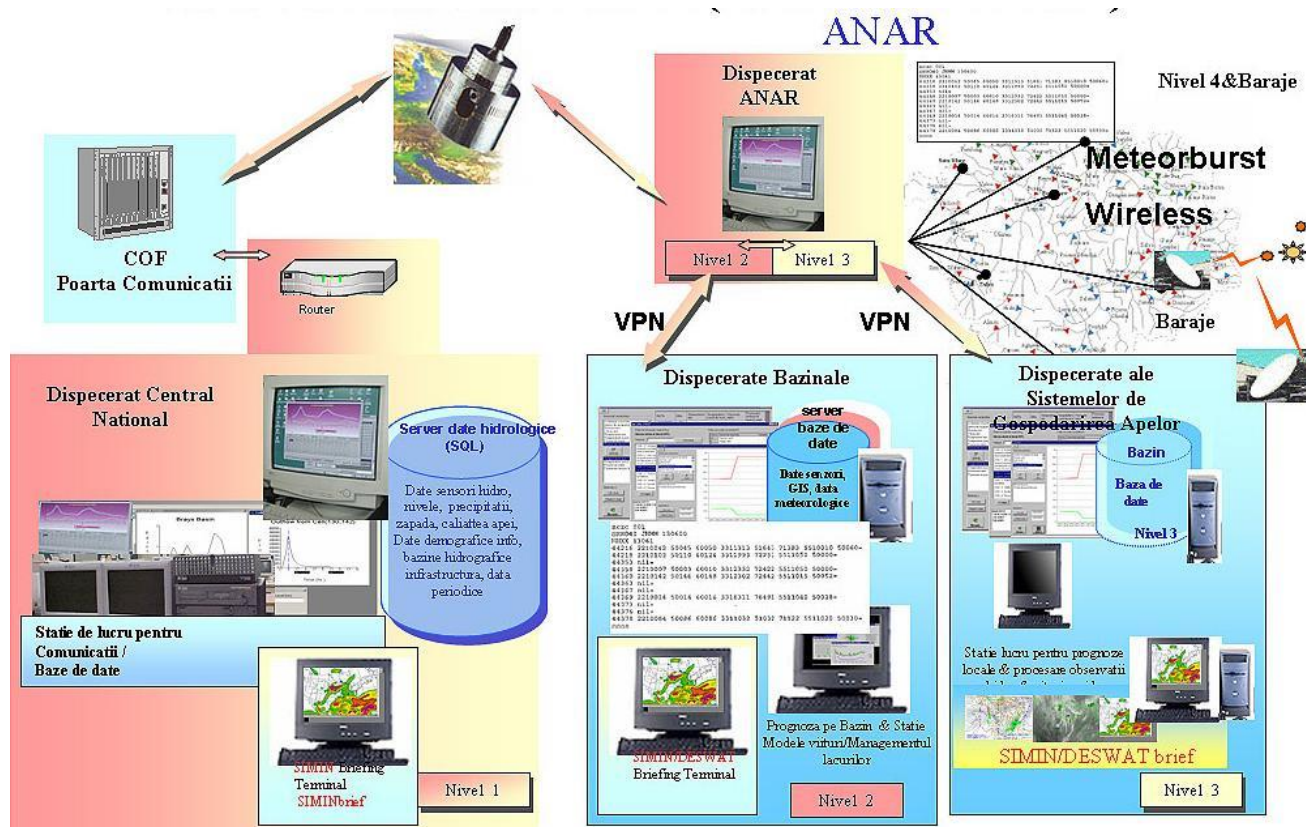


Fig. 3.87. Sistemul WATMAN – integrarea componentelor

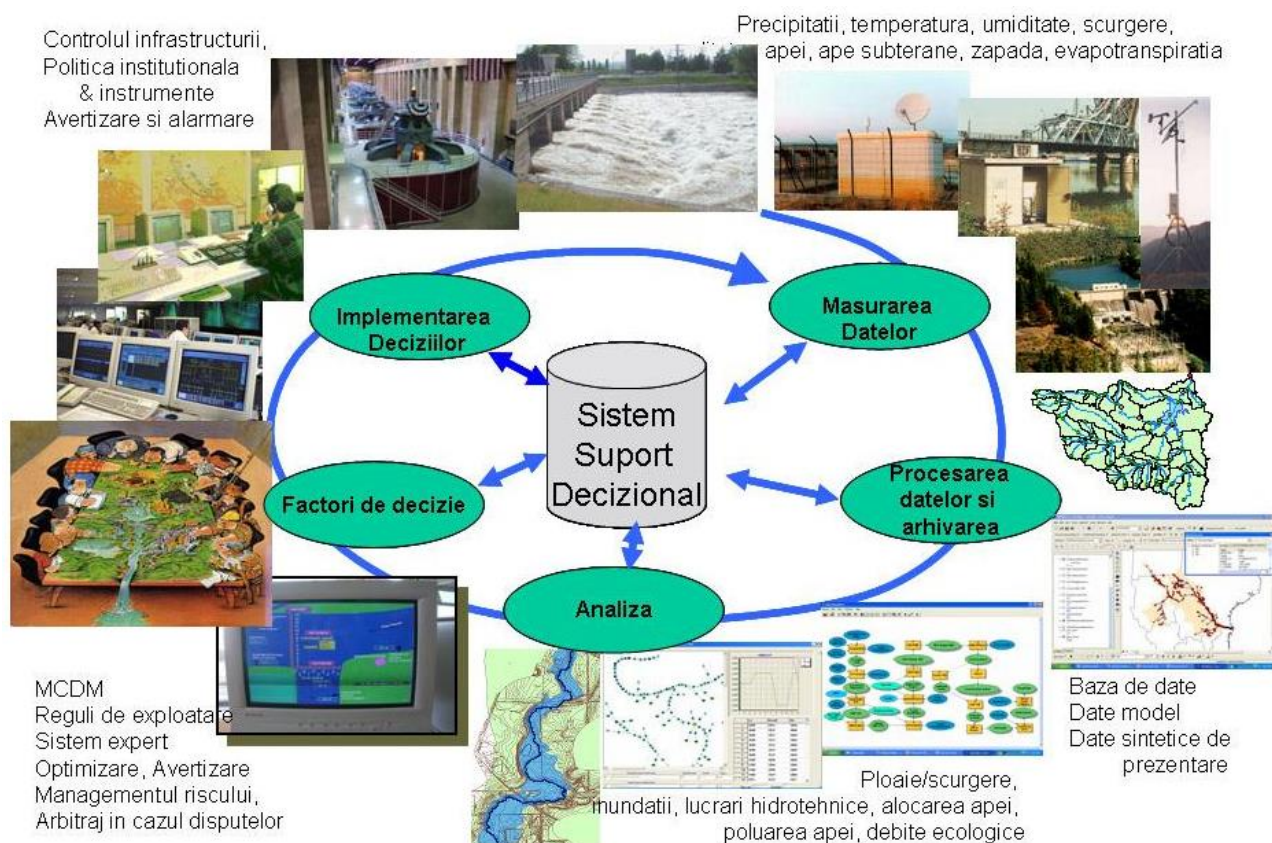


Fig. 3.88. WATMAN: Sistemul SSD bazinal

Sisteme în curs de dezvoltare

Urmare **Master Planului** elaborat pentru spațiul hidrografic Prut – Bârlad s-a realizat o aplicație formată dintr-un pachet de masuri structurale și nestructurale propuse și aprobate la finanțare în cadrul POS Mediu – Axa 5 cu denumirea „Lucrări pentru reducerea riscului la inundații în bazinul hidrografic Prut – Bârlad”.

Una din componentele programului, conforma cerințelor Directivei Inundații este **„Realizarea hărților de hazard și de risc la inundații în bazinul hidrografic Prut – Bârlad”**, proiect demarat în luna octombrie 2011. Obiectivul specific al proiectului este de a crea un model hidrodinamic detaliat al bazinului hidrografic Prut-Bârlad și de a realiza hărțile de hazard și risc de inundații aferente.

De asemenea, după realizarea modelării se va asigura integrarea datelor în sistemul WIMS.

Modelul digital al terenului va sta la baza modelelor hidraulice și hidrologice, cu ajutorul cărora se pot studia și realiza hărți de hazard și risc, precum și trasarea curbilor de inundabilitate în diferite scenarii prestabilite. Hărțile de hazard și risc de inundații ajută autoritățile competente să stabilească prioritățile și să ia decizii tehnice, financiare și de dezvoltare cu privire la gestionarea eficientă a riscurilor de inundații în cadrul bazinului. În fig. 3.89 este prezentată structura pe componente a sistemului software implementat (HHRI – Hărți de Hazard și Risc la Inundații) în cadrul proiectului și relațiile cu sistemul WIMS local.

Concluzii

Pentru perioada următoare (2012-2015) obiectivele propuse ale strategiei IT vizează:

- Dezvoltarea capacității sistemului informațio-

nal al A.N. „Apele Române” în vederea îmbunătățirii abordării integrate a managementului apelor, îmbunătățirea comunicării, culturii și performanței organizaționale, precum și diseminarea de informații relevante din domeniul apei către publicul larg;

- Eficientizarea activităților interne ale A.N. „Apele Române” cât și a serviciilor publice oferite cetățenilor și mediului în contextul existenței unor mijloace electronice de facilitare a interacțiunii administrație – cetățean/mediul de afaceri.

Aceste obiective generale se pot dezvolta prin consolidarea și dezvoltarea bazei actuale de aplicații precum și prin asimilarea unor tehnologii moderne, de tip SOA (Services Oriented Architecture), aplicații pe platforma web, baze de date relaționale SQL, platforma GIS conformă cerințelor directivei INSPIRE pentru stocarea, analiza și publicarea datelor spațiale. Sunt de asemenea susceptibile de a fi valorificate în contextul sistemului informatic integrat softurile de modelare (hidrologică, hidraulică, de calitate), sistemele expert dedicate pentru asistarea decizională, tehnicile de tip data mining.

Pentru valorificarea cât mai eficientă a potențialului oferit de aceste tehnologii, este de luat în considerare dezvoltarea colaborării interdisciplinare cu specialiștii din domeniile aferente managementului resurselor de apă, în special în etapa de analiză de sistem și elaborare a specificațiilor, pentru aplicațiile noi, dar și în etapele următoare ale ciclului de viață al sistemelor informatice, pentru consolidarea și întreținerea aplicațiilor software existente.

Un obiectiv important este și cel privitor la consolidarea și dezvoltarea infrastructurii hardware și de comunicații de date, în scopul asigurării bunei funcționări și unei fiabilități ridicate în exploatare.

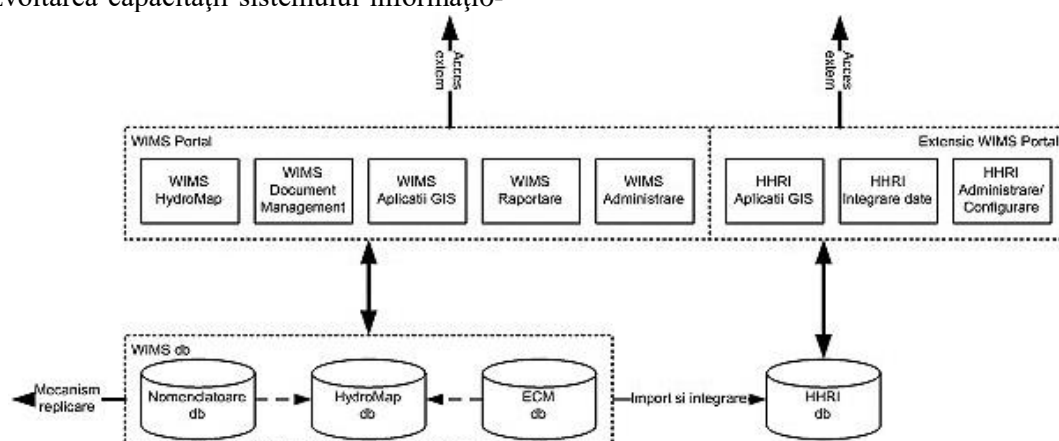


Fig. 3.89. Arhitectura software a sistemului HHRI

AUTOMATIZARE – DISPECERIZARE – INFORMATIZARE ÎN IRIGAȚII. EXEMPLU: S.I. CÂMPIA BUZĂULUI, ALIMENTAT GRAVITAȚIONAL (R. BUZĂU) ȘI S.I. IALOMIȚA – CĂLMĂȚUI, ALIMENTAT PRIN POMPARE (FL. DUNĂREA)

4.1. PROBLEMATICA AUTOMATIZĂRII PE REȚELELE DE CANALE. ADUCȚIUNI ȘI DISTRIBUȚII – REGLĂRI ȘI COMENZI

4.1.1. UTILITATEA TEHNICĂ ȘI ECONOMICĂ A AUTOMATIZĂRII SISTEMELOR DE IRIGAȚII

Problema irigației automate constă în a aduce și distribui apa necesară la beneficiari, pe diversele parcele sau sectoare irigabile, în funcție de cerințe. Aceste cerințe variază în timp atât de la an la an, cât și după natura culturilor, iar în cursul aceluiași an după etapele de dezvoltare și creștere a plantelor și condițiile agro-meteorologice (în limita debitului proiectat) sau pentru alte folosințe.

Repartiția și reglarea debitului de apă în orice moment, în fiecare canal și în fiecare priză, fără exces sau deficit, conform cerințelor, constituie fondul automatizării în rețelele de irigații.

Cerințele de apă, variabile în timp, se satisfac tehnic și economic fie după un „program de udare” stabilit în prealabil, fie la „cerere” sau „mixt”.

O asemenea distribuție impune echiparea sistemului de irigații (de la sursa de apă și până la parcelele irigabile) cu construcții, instalații, dispozitive, mecanisme și utilaje automate – hidro și tele-mecanice. Acestea trebuie să fie: perfecționate, durabile, sigure în exploatare și cu productivitatea ridicată; sistemul de irigații, cu toate instalațiile de care dispune pentru aducțiunea și distribuția apei, trebuie să aibă **funcționarea subordonată consumatorilor – beneficiarilor**.

Automatizarea complexă a sistemului de irigații permite următoarele:

- conducerea debitelor necesare în fiecare moment, în orice punct al rețelei;
- măsurarea riguroasă a acestor debite, cu înregistrările necesare unei corecte taxări a consumatorilor;
- evitarea pierderilor de apă sau altor pagube în caz de avarii sau greșeli în exploatare (sau reducerea la minimum a pierderilor de apă);
- folosirea rațională a resurselor de apă din sistem sau sursă;
- folosirea la maximum a capacității normale de transport a rețelei de canale și în scop de înmagazinare;
- evitarea reglărilor nereglementate în punctele izolate sau concentrate de distribuție;
- mărirea siguranței funcționării construcțiilor și instalațiilor din rețea;
- micșorarea numărului personalului de exploatare;
- economia de apă, față de sistemele clasice cu reglări individuale, cu 15-20%.

Automatizarea în sistemele de irigații se referă la cele trei grupe de aducțiuni: aducțiunea și distribuția apei, măsurarea-evidența, colectarea-evacuarea.

Caracterul limitat al resurselor de apă (comparativ cu cerințele în continuă creștere pentru fiecare sector economic) conduce la necesitatea maximului de existență în distribuția apei. De aceea, automatizarea devine inevitabilă, cu toate cheltuielile ridicate pentru echiparea cu instalații și dispozitive de reglare (pentru debite și niveluri), care ajung la 1,5-3% din lucrările de construcții-montaj. În plus automatizarea permite înlocuirea funcțiilor umane de efort, observație, control, precizie și memorie în exploatare cu funcțiile unor organe tehnice, automate, pe baza unui program stabilit în prealabil sau comandat prin avertizoare.

După natura sistemelor de irigații, procedeele de

distribuție a apei se diferențiază astfel:

a) la nivelul **rețelei hidrotehnice** de aducțiune și distribuție:

- pentru rețelele deschise – canale cu nivel liber;
- pentru rețele închise – conducte sub presiune.

b) la nivelul **parcelor de irigație**:

- distribuția apei prin programare;
- distribuția apei la cerere și prin avertizare.

Procedeele de calcul, tehnica și aparatura creată (și în curs de dezvoltare impetuoasă) sunt proprii diferitelor scopuri, care urmăresc separat sau în complex: reglarea debitelor, reglarea nivelurilor (în rețelele deschise) și a presiunilor (în cele închise – sub presiune), asigurarea funcționării rețelelor – la „cerere” sau prin „programare”.

Automatizarea poate fi de tip hidraulic, electric sau mixt, referindu-se la debite și niveluri separat sau combinat.

Pentru sistemele de irigații deschise, problemele de automatizare se referă la: *reglarea debitelor, reglarea nivelurilor și funcționarea rețelelor*.

1° Reglarea debitelor și tehnica reglării

1/ Necesitatea controlului debitelor

La baza realizării (proiectării și executării) oricărui sistem de irigație se găsește un plan de irigare asigurător (circa 80%), compus din planuri-programe de udare. Prin acestea se urmărește atât aducerea apei la beneficiar și la fiecare parcelă, cât și distribuția apei, în volume bine definite și variabile în timp. Eficacitatea udării ia în considerare cerințele de ordin practic (adică să satisfacă nevoile culturilor) în limite economice. În programul de udare, fiecare derivație – ca și întregul sistem – este concepută a funcționa în scopul satisfacerii acestor cerințe prin „programare” sau la „cerere”.

Cerințe și disponibilități de apă. Volumul de apă necesar a se furniza fiecărei parcele variază de la an la an după natura culturii și, în cursul aceluiași an, după stadiul dezvoltării (culturii) și condițiile meteorologice.

Prin irigații se aduce apa necesară completării sau acoperirii deficitului (diferența între cerințele și veniturile naturale de apă), iar prin distribuție se urmărește livrarea acesteia în conformitate cu „cerințele”. Această dificilă problemă s-a rezolvat pentru cazul disponibilului (abundenței) de apă în sursă, prin tehnica reglării automate a debitelor și a nivelurilor, cunoscută sub numele de „comandă din aval”.

Pentru a se preveni epuizarea rapidă a surselor de apă, prin procedeul cu „comandă din aval”, sunt necesare măsuri riguroase în ambele direcții:

1. evidența fidelă a nevoilor de apă a culturilor (indicat automat) și
2. perfecționarea echipamentului rețelei de dis-

tribuție, care să permită realizarea exactă și rapidă a livrării apei la „cerere” (sau după „program” în zonele climatice fără variații).

Capacitatea canalelor. Reglarea debitelor, cu economisirea maximă a apei în rețeaua de canale, conduce spre secțiuni mari ale canalelor, permițând reținerea apei în acestea (având deci și rol de acumulare pentru compensare în reglare), fără pierderi în afară – **soluția I**.

Atunci când considerațiile financiare conduc la limitarea secțiunii canalelor se impune echiparea acestora cu descărcări laterale (sifoane, deversoare, canale de evacuare), prin care unele tranșe de apă sunt evacuate în afară – **soluția II** (cu pierderi de apă în afară).

Calculul economic comparativ al celor două soluții evidențiază:

- în soluția I: canalele au secțiuni foarte mari, deci foarte costisitoare, a căror capacitate nu va fi utilizată decât ocazional, dar fără pierderi de apă;

- în soluția II: canalele au secțiuni mai reduse, mai ieftine, cu instalații laterale de descărcare – de siguranță, dar cu pierderi de apă.

În ambele cazuri, canalele trebuie să fie impermeabilizate. Natura impermeabilizării și procesul tehnologic se stabilesc printr-un studiu tehnico-economic.

Ca o variantă la soluția I se pot folosi și acumulările pe traseul canalului, prin bazine-iazuri laterale (concepute în acest scop), ca și prin eventualele depresiuni naturale.

Economia apei. Sursele de apă folosite de sistemul de irigație, fiind de cele mai multe ori insuficiente, se impune o riguroasă evidență și limitare a pierderilor de apă.

În acest scop, „programul de funcționare-distribuție în sistem” se va respecta riguros.

Ca o măsură de reducere a pierderilor de apă se poate evidenția – în cazul reglărilor clasice „prin amonte”, când se întrerupe de exemplu distribuția apei în timpul nopții – soluția întreruperii alimentării din centrul de priză (capul rețelei) cu ceva timp (τ) înainte de a avea loc închiderea în aval (la derivații) de către personalul de exploatare de pe rețea. Cu toată rigurozitatea stabilirii timpului τ , în rețea vor interveni dificultăți de exploatare, datorate pe de o parte pierderilor de apă, rămasă în rețea, iar pe de altă parte timpului necesar reluării procesului de udare, de la redeschiderea centrului de priză și până la sosirea apei la derivații.

Măsurarea apei. Evidența exactă a apei în orice secțiune de derivație reprezintă una din condițiile de reglare a debitelor – cu triplă implicație:

- pentru asigurarea distribuției în conformitate cu planurile de udare programate (în cazul programării);
- pentru asigurarea distribuției în conformitate

cu capacitățile de transport ale secțiunii canalelor și ale instalațiilor de reglare;

- pentru stabilirea corectă a consumatorilor, fără posibilități de fraudă sau de contestație (din partea beneficiarilor).

În acest scop, fiecare derivație (sau priză a oricărui canal) trebuie să fie echipată cu instalații – dispozitive adecvate, cu reglare precisă de debit și eventual de măsurare exactă (a debitului); desigur, depinde și de ordinul canalului.

2/ Aparare pentru distribuția debitelor (în soluție Neyrtic, Franța)

Distribuția – repartizarea debitelor comportă două categorii de aspecte:

1. preluarea de către o priză – derivație a unui debit determinat, pentru alimentarea unui canal de ordin inferior;

2. împărțirea unui debit determinat între două (sau mai multe) derivații – canale de ordin inferior.

Pentru ambele categorii de acțiuni, un loc de frunte ocupă dispozitivele (aparatele) tip NEYRTIC: **modulul cu mască** pentru prima acțiune și **împărțitorul-partitorul proporțional**, pentru a doua acțiune. Principiile constructiv-funcționale ale ambelor acțiuni și grupe de aparate au la bază utilizarea fenomenului hidraulic cunoscut sub denumirea de *salt hidraulic*.

Modulul de mască (fig. 4.1). Este un aparat de priză pentru rețele deschise cu scurgere liberă.

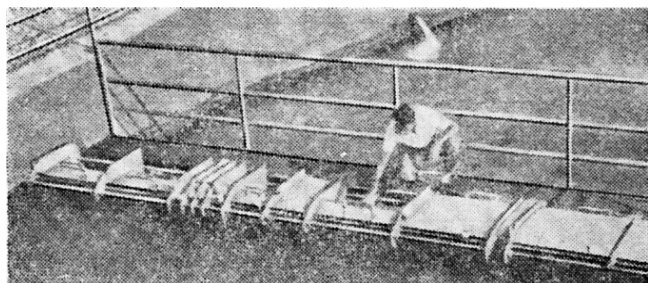


Fig. 4.1. Bateria de module cu mască L1 3000 l/s în curs de manevrare (1 element de 800 l/s, 1 element de 1400 l/s, 1 element de 800 l/s); exemplu în alimentarea Canalului Peyrolles-Bouches de Rhône

Constanța (cvasiconstanța) debitului, realizată prin acest aparat, este obținută prin mijloace statice: asocierea dintre un prag cu profil special și o mască fixă, plasată la o înălțime determinată deasupra pragului, puțin în spatele crestei deversorului (pragului) – fig. 4.2, cu rolul de a reduce efectul ridicării nivelului apei din amonte asupra debitului; atâta timp cât nivelul apei se găsește sub muchia inferioară a măștii, modulul funcționează ca un deversor, debitul urmând legea:

$$Q = \alpha h^{3/2}.$$

Modulele cu mască sunt amplasate în partea frontală a canalelor de derivație și permit derivarea de debite cvasiconstante, reglabile după cerințe. Reglarea debitelor se face prin deschiderea sau închiderea completă a vanelor care au lățimi diferite, eșalonate după principiul cutiilor de greutate. Vanele odată fixate, deci aparatul reglat, debitul se menține constant (cvasiconstant), chiar dacă nivelul apei prezintă oscilații în amonte și aval de aparat.

Nivelul de apă crescând, atinge muchia măștii, scurgerea se face sub sarcină, cu un coeficient de debit diminuat brusc și cu o vână prezentând o contracție.

Sarcina pe creasta pragului crescând mai departe, contracția tinde să se accentueze, iar diminuarea secțiunii nefiind compensată în întregime de către mărirea vitezei de scurgere, debitul suferă o ușoară scădere, după care reîncepe să crească, urmând legea orificiilor:

$Q = \beta h^{1/2}$ – coeficientul β are tendința să de crească la creșterea înălțimii apei.

În fig. 4.3 a, b se indică amplitudinile nivelurilor admisibile, pentru debite variind între $\pm 5\%$ și $\pm 10\%$ față de valoarea sa nominală.

Rolul, poziția și funcționalitatea celei de a doua măști sunt:

- de a permite sporirea amplitudinii nivelului de apă în fața aparatului (pentru o variație de debit de $\pm 5\%$ față de valoarea sa nominală, amplitudinea admisibilă este sporită la modulul cu două măști, în raport cu primul tip – modul cu o mască – cu 190%, în timp ce pentru variația de debit de $\pm 10\%$, amplitudinea e sporită cu 150%);

- cea de a doua mască, situată aval de prima și beneficiind de contracția vânei de apă, produsă de prima mască, se amplasează mai aproape de prag, reducând secțiunea orificiului;

- la creșterea nivelului în amonte de aparat, când

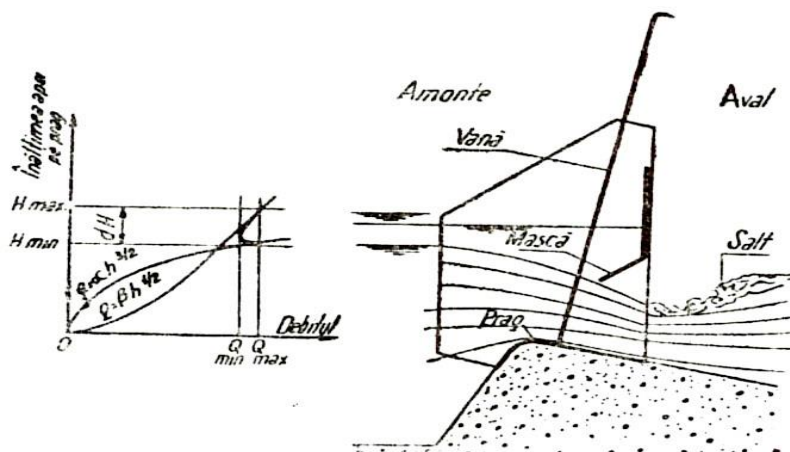


Fig. 4.2. Variația debitului unui modul cu mască, în funcție de înălțimea apei deasupra pragului

prima mască este înecată, cu tendință de a influența scurgerea și deci de a crește debitul brusc, intră în funcțiune a doua mască, cu efect de o nouă frânare de scădere bruscă a debitului.

Partea inferioară a primei măști nu este paralelă cu pragul, ci prezintă o ușoară înclinare, care permite o mai bună compensare a efectelor.

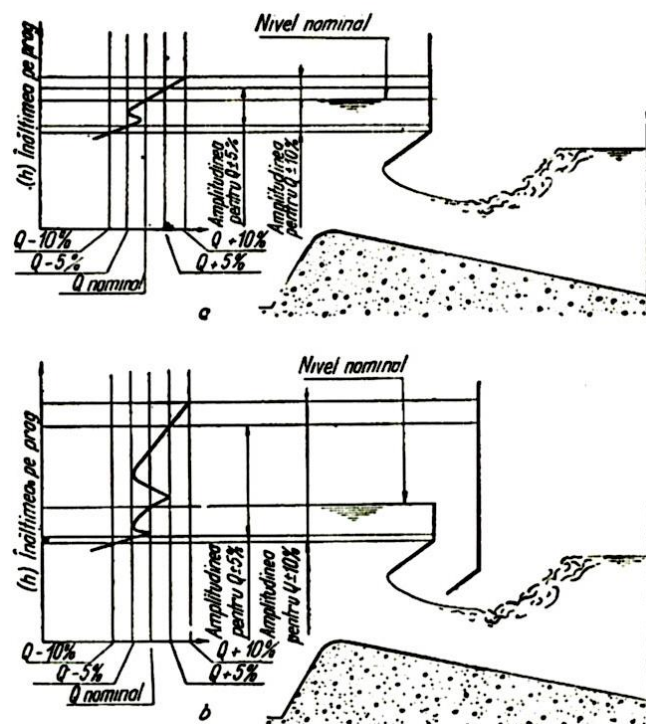


Fig. 4.3. Schema de principiu și curba de funcționare a modului cu: a – o mască; b – două măști

Debitul deversat nu este supus nici variațiilor de nivel din aval, întrucât panta aval de prag este realizată (în baza experimentărilor de laborator) în așa fel încât

provoacă o scurgere rapidă (torențială), care constituie unul din elementele pentru realizarea saltului hidraulic.

Formarea saltului permite recuperarea energiei potențiale a lamei de apă, iar pierderea de sarcină prezentată de aparat este mică. Valoarea minimă a acestor pierderi (tabelul nr. 4.1), variabilă cu tipul de modul, corespunde pentru cazul în care saltul urcă și se apropie de mască. Pentru variații de nivel (amonte) de 5-24 cm, în funcție de tipul de aparat, reglajul se menține destul de exact, cu aproximație de 5%, ceea ce este suficient.

Firma NEYRTIC (Franța) construiește aceste module în 4 tipuri, caracterizate prin debitul nominal (l/s) trecând pe unitatea de lățime (dm):

- Seria X: 10 l/s/dm
- Seria XX: 20 l/s/dm
- Seria L: 50 l/s/dm
- Seria XC: 100 l/s/dm

Indicii 1 sau 2 (de exemplu X1, XX2, L1) arată numărul de măști (1 sau 2) ale aparatului

Debitul este fracționabil:

- prin treapta de 5 l/s, la seria X, care corespunde vanetelor de 5; 10; 15; 30 l/s;
- prin treapta de 10; 20; 30; 60 și 90 l/s;
- prin treapta de 50 l/s, la seria L, care corespunde vanetelor de 50; 100; 200 și 400 l/s;
- prin treapta de 100 l/s, la seria C, care corespunde vanetelor de 100; 200; 400; 600 și 1000 l/s.

Modulul cu mască este monobloc (cu $l < 300$ cm) construit din tablă și profiluri de oțel asamblate prin sudură (fig. 4.4). Protecția contra coroziunii este asigurată prin zincare (la cald), urmată de aplicarea unui strat de vopsea neutră.

Tabelul nr. 4.1

Tipul	Debitul pe unit. lățime a pragului	H_{\min} Q-10%	H_{\min} Q-5%	H_{nom} Q	H_{\max} Q+5%	H_{\max} Q+10%	Dh_{\min} Q±10%	DH_{\min} Q±5%	J_{\min} pt. H_{nom}	J_{\min} pt. H_{\min}	P*) min
X ₁	10 l/s/dm	13	13,5	17	18,5	20	7	5	6,5	5	16
XX ₁	20 l/s/dm	20	21,5	27	29,5	31	11	8	10,5	8	25
L ₁	50 l/s/dm	37	39,5	50	54,5	58	21	15	19	15	47
C ₁	100 l/s/dm	59	62,5	79	86	92	33	23,5	30	24	75
(CC ₁)	200 l/s/dm	94	100	126	137	142	52	37	48	38	118
Q ₁ l/s/dm	Q l/s/dm	2,75	2,91	3,68	4,00	4,27	1,52	1,09	1,41	1,10	3,45
X ₂	10 l/s/dm	13	13,5	17,5	28	31	18	14,5	6,5	5	17
XX ₂	20 l/s/dm	20	21	28	44	48	28	23	11	8	26
L ₂	50 l/s/dm	37	39	51	82	89	52	43	20	15	49
C ₂	100 l/s/dm	59	62	81	130	142	83	68	31	24	77
(CC ₂)	200 l/s/dm	94	99	129	206	225	131	107	50	38	122
Q ₂ l/s/dm	Q l/s/dm	2,75	2,88	3,77	6,02	6,58	3,83	3,14	1,45	1,10	3,57

*) P – este adâncimea la care se găsește radierul amonte sub prag.

Pentru manevrarea vanetelor, aparatele au pasarele aval de prag, cu lățimea de 50 cm (modulele C sunt livrate cu pasarele metalice). Modulele mici (cu $l < 1$ m) nu se prevăd cu pasarele.

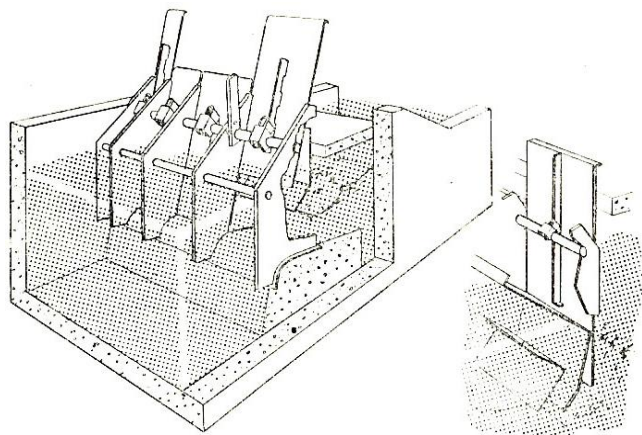


Fig. 4.4. Modul cu mască tip XX1 9

Vanetele aparatelor mai mici (seria X și XX) sunt plane și glisează în canale de ghidaj frezate în pereții de separație. La aparatele mai mari (seria L și C), cu sarcini mai mari (ale apei) asupra vanelor, acestea au forma de sector, în scopul reducerii eforturilor de manevrare; manevrarea se face prin rotire în afara axei lor.

Pentru modulele seria L_1 și L_2 , elementele monobloc au o lățime (lungimea la creastă a pragului) sub 3 m; debitul maxim al unui element monobloc este de 1450 l/s. Între două elemente monobloc alăturate se prevede o pilă din beton de 20 cm.

Pentru modulele seria C_1 , C_2 , elementele monobloc au de asemenea o lățime sub 3 m, cu un debit maxim (pe monobloc) de 2900 l/s și cu o pilă din beton de 30 cm (lățime) între două elemente monobloc alăturate.

În țara noastră, primele aparate de reglare pe canalele de derivație, de tipul modulelor cu mască, s-au instalat la sistemul de irigații Jegălia – Călărași; aparatele au fost importate din Franța.

Institutul de studii și cercetări – I.C.I.T.I.D. – a experimentat un aparat tip modul cu o mască, cu caracteristicile din tabelul nr. 4.2 și ale figurii nr. 4.5.

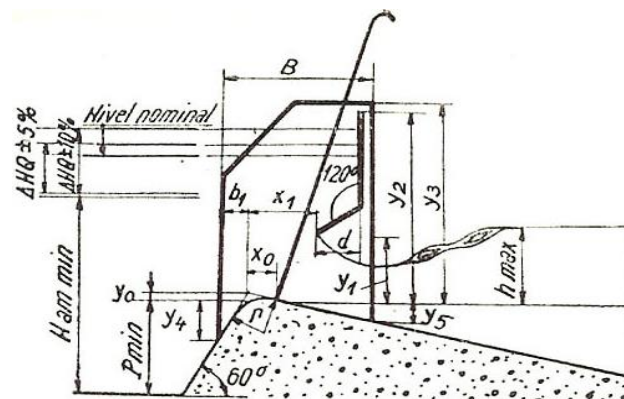


Fig. 4.5. Modulul cu mască – I.C.I.T.I.D. Schema funcțională și dimensiuni

2° Necesitatea asocierii modulelor cu mască cu vane automate (fig. 4.6)

Modulul cu mască se utilizează în cazul unui nivel amonte variabil în limite stabilite.

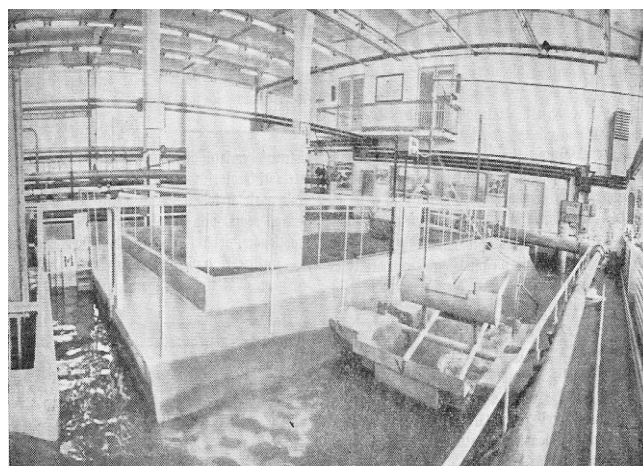


Fig. 4.6. Asocierea modulelor cu mască (M) cu vane (V) cu reglare hidraulică (nivel amonte constant). Laboratorul de irigații și drenaje, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași

Tabelul nr. 4.2

M_1	Deb. specif. (l/s/dm)	b_1	x_0	x_1	d	b_2	B	y_0	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	P	P_{max}
X_1	10	70	25	130	50	10	260	6	67	340	390	121	41	50	180
XX_1	20	86	40	205	79	10	380	10	105	480	530	149	63	79	280
XXX_1	30	115	53	270	105	10	500	13	140	600	650	200	82	105	380
L_1	50	233	74	380	147	10	770	19	195	860	960	405	115	147	530
C_1	100	380	116	600	230	10	1220	29	308	1270	1370	660	179	230	840

Când nivelul amonte depășește aceste limite (în aval de rezervoare, bazine de acumulare, baraje pe râuri, în capul canalelor de aducțiune cu comandă prin amonte, la derivarea canalelor distribuitoare – secundare), modulul se folosește combinat cu alte aparate, care au rolul să reducă nivelul apei din fața modulului. În acest scop se pot folosi mai multe soluții.

1) Devensor sau sifon lateral de siguranță, amplasat amonte de derivație (pe canalul principal, sau chiar pe derivație, amonte de modul, dacă există spații și condiții de evacuare a debitului suplimentar). Această soluție, rar folosită în sistemele moderne, prezintă dezavantajul consumului inutil de apă, prin descărcare laterală.

2) Vană cu nivel aval constant (AVIS), instalată pe canalul principal, amonte de derivație (priza cu modul) – fig. 4.7. Priza canalului de derivație este echipată cu o baterie de module cu mască ce asigură debitul „cerut” în canalul secundar. Vana AVIS are rolul de a regla (și menține) automat nivelul de apă în canalul principal (respectiv debitul adus), în funcție de variațiile debitului cerut în aval.

3) Vană cu nivel aval constant (AVIS sau AVIO) instalată direct pe canalul de derivație, amonte de modulul cu mască – fig. 4.8. Acest tip de priză asigură constanța debitului reglabil la „cerere”, chiar dacă nivelul de apă din canalul principal prezintă importante oscilații.

4) Vană cu nivel amonte constant (AMIL) instalată pe canalul principal, puțin aval de derivație (priza cu modul) – fig. 4.9. Acest tip de priză este adoptată în special în rețelele cu comandă prin amonte și în cazul derivațiilor situate amonte de reglatoarele de nivel.

Alegerea soluției (asociate) este determinată de rațiuni economice care țin seamă de numeroși factori, ca:

- panta canalelor,
- nivelurile apei în raport cu suprafața deservită,
- relieful terenului irigabil,
- mărimea debitului preluat (din derivație) în raport cu debitul canalului principal.

Esential în această analiză va fi raportul debitelor celor două canale, principal și derivația.

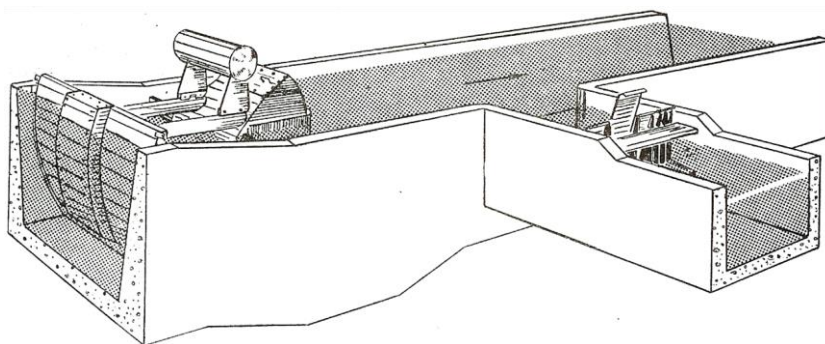


Fig. 4.7. Baterie de module asociate cu o vană aval constant (vană AVIS), instalată pe canalul principal (priză pe canal cu comandă din aval)

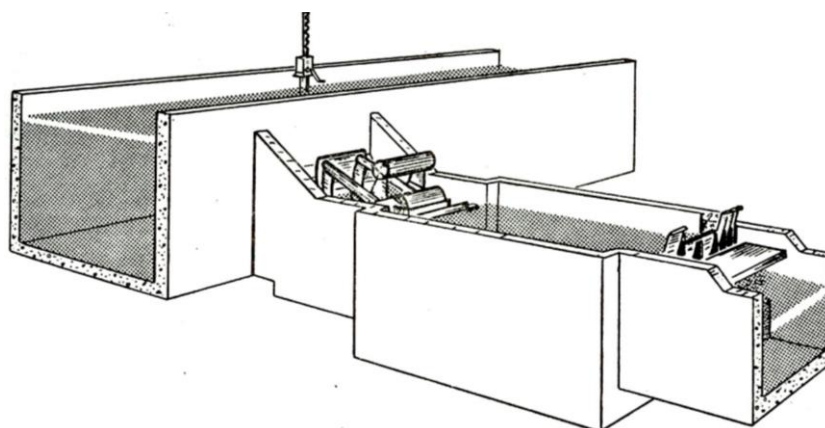


Fig. 4.8. Baterie de module asociată cu o vană cu nivel aval constant (vană AVIO), instalată pe partea frontală a canalului de derivație (priză pe canal cu amplitudine ce depășește toleranțele modulelor)

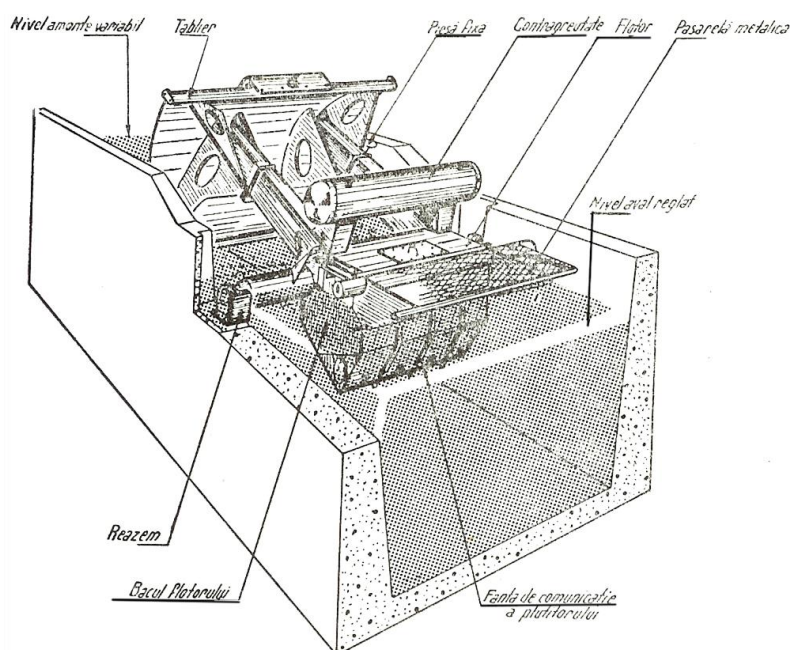


Fig. 4.9. Baterie de module asociată cu o vană cu nivel amonte constant (AMIL), instalată pe canalul principal (priză pe canal cu comandă prin amonte)

În cele mai frecvente situații, reglările se fac pe canalul principal (prin amonte, prin aval, mixt), derivația beneficiind de aceasta.

Când însă debitul prizei (derivația canalului secundar) reprezintă o mică fracțiune din acela al canalului principal, nu se fac reglări pe aceasta din urmă (C.P.), ci se adoptă soluția amplasării unei vane automate pe derivație, amonte de modulul cu mască (v. fig. 4.8).

Pe derivație se pot folosi două tipuri de vane:

- vane AVIS (la suprafață; fig. 4.10), când variațiile de nivel pe canalul principal sunt mici;
- vana AVIO (instalată la deschidere de fund, sub sarcină; fig. 4.11, v. și fig. 4.8), când variațiile de nivel pe canalul principal sunt mari.

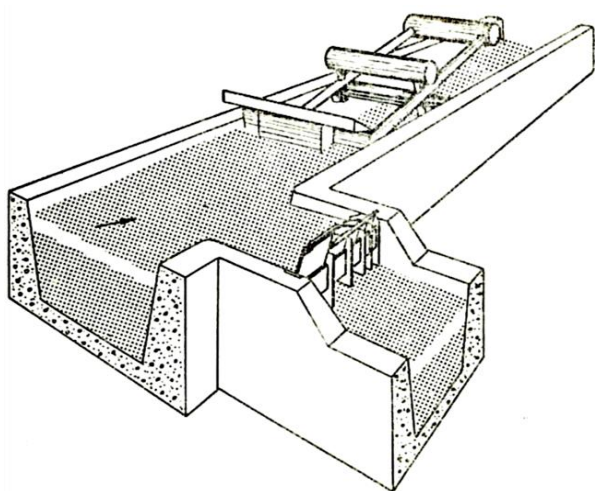


Fig. 4.10. Vana AVIS – amplasare și elemente componente

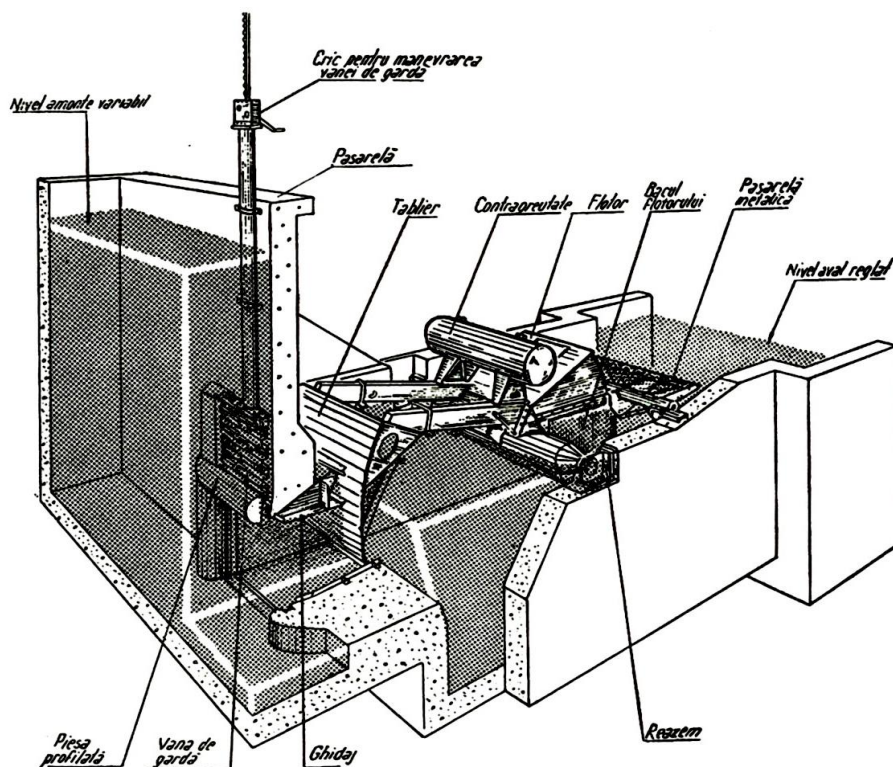


Fig. 4.11. Vana AVIO – amplasare și elemente componente (se vede în față și stăvilarul de gardă)

În cazul derivării unui debit important din canalul principal, soluția indicată este aceea a reglării nivelurilor pe acest canal (C.P.), fie prin vane cu nivel amonte constant (vane AMIL, v. fig. 4.9) – fig. 4.12, fie prin vane cu nivel aval constant (vane AVIS – v. fig. 4.7 și fig. 4.10).

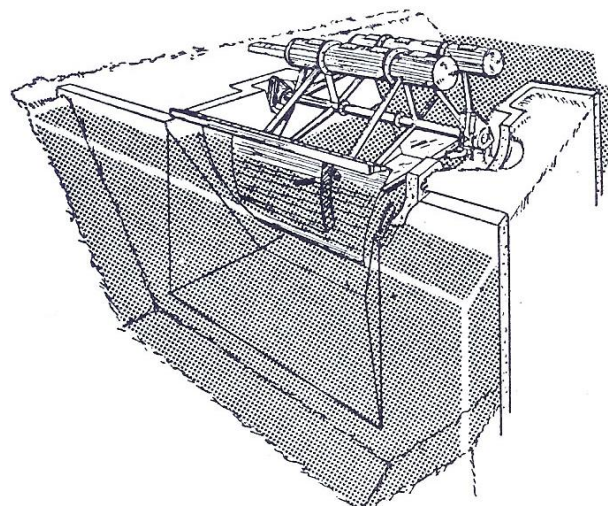


Fig. 4.12. Vana AMIL – amplasare și elemente componente

Reglarea directă pe derivație, în acest caz, va complica soluția prin construcții importante și cu rezultate insuficiente asupra realizării cotelor de dominație, prin pierderile mari de sarcină (în derivație).

Oricare ar fi soluția de reglare (prin asocierea modulului cu mască cu vanele automate), un rol hotărâtor în corectarea funcționării ansamblului îl constituie rezolvarea atentă a relațiilor de cote (calajul aparatelor).

Trebuie să se țină seamă de toate variațiile planurilor de apă datorate efectului vanelor (eventual și scăderea nivelului propriu al vanei) și pierderilor de sarcină între punctul de reglaj și acela unde este instalat modulul cu mască.

Sunt de reținut – la derivațiile din canale principale deschise – soluțiile de asociere (module + vane) caracteristice celor două tipuri de reglări de bază (pe C.P.):

În cazul canalelor cu comandă prin amonte – v. fig. 4.13. Canalul de

aducțiune (principal) este divizat în biefuri prin vane automate cu nivel amonte constant: vane AMIL (v. și fig. 4.9 și fig. 4.12).

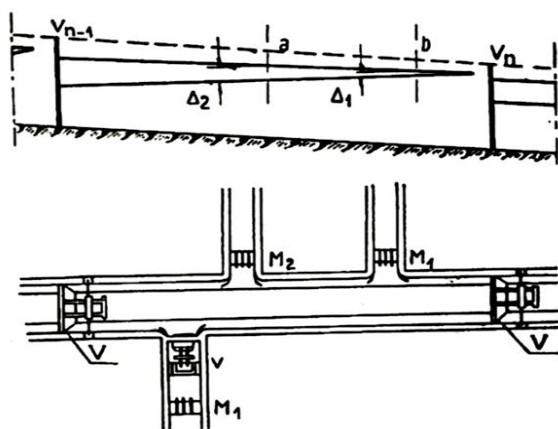


Fig. 4.13. Derivații (echipate cu module cu mască asociate cu vane automate) din canale principale cu comandă prin amonte

Nivelul apei în canalul principal variază de la o poziție orizontală cu debit nul ($Q = 0$) situată dedesubt și până la o înclinare care asigură debitul maxim (Q_{\max}).

Considerând că amplitudinile admisibile (ale nivelului apei) în derivații sunt: Δ_1 pentru modulul cu o mască (M_1) și Δ_2 pentru modulul cu două măști (M_2), rezultă că derivațiile aflate în sectorul V_{na} pot beneficia numai de reglajul modulelor: cu o mască (M_1) pentru tronsonul V_nb și cu două măști (M_2) pentru tronsonul ba.

Derivațiile aflate în sectorul a V_{n-1} necesită pe lângă module și alte soluții de reglaj, ca:

- fie o vană cu nivel amonte constant (AMIL) situată pe canalul principal, imediat aval de derivație (v. fig. 4.9);

- fie o vană cu nivel aval constant (AVIS sau AVIO) situată pe canalul de derivație, amonte de modulul cu mască (v. fig. 4.8, 4.10 și 4.11).

Se va adopta soluția tehnic economică, ținându-se seamă că: vana AMIL, instalată pe canalul principal, se dimensionează pentru un debit mare, dar prezintă o pierdere de sarcină redusă, iar vanele AVIO sau AVIS, instalate pe derivație, corespund la debite mici, derivate.

La elementele comparative de mai sus trebuie adăugat, pentru vana AMIL, că efectul său (favorabil) se poate face simțit și asupra altor derivații din zona influentă (sectorul de canal pe care acționează efectul vanei).

În cazul canalelor prin aval – fig. 4.14. Canalul principal este împărțit în biefuri prin vane automate cu nivel aval constant cu o comandă prin aval – tip AVIS și AVIO – (vezi fig. 4.7, 4.8, 4.10 și 4.11).

Derivațiile aflate în sectorul b V_{n+1} necesită pe lângă module și alte soluții de reglaj, ca:

- fie o vană cu nivel aval constant (AVIS) situată pe canalul principal, amonte imediat de derivație (v. fig. 4.7);

- fie o vană cu nivel constant (AVIS sau AVIO) situată pe derivație, amonte de modulul cu mască (v. fig. 4.8 și 4.11).

Soluțiile se aleg după criterii similare cazului anterior.

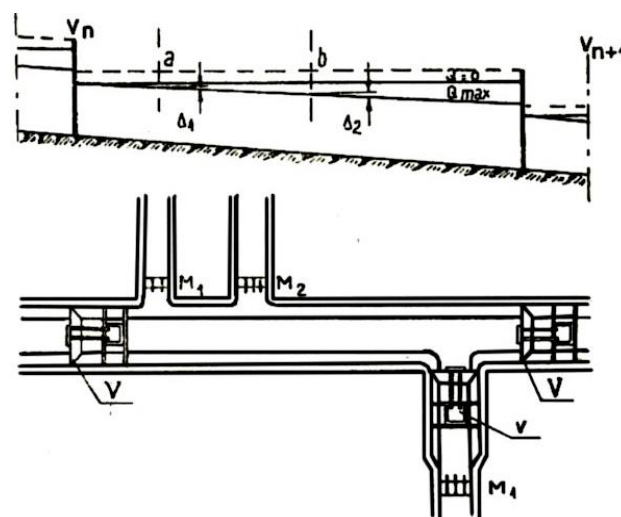


Fig. 4.14. Derivații (echipate cu module cu mască asociate cu vane automate) din canale principale cu comandă prin aval

Nivelul apei în canalul principal variază de la o poziție orizontală cu debit nul ($Q = 0$), situată deasupra și până la o înclinare ce asigură debitul maxim (Q_{\max}).

Considerând că amplitudinile (ale nivelului apei) în derivații sunt: Δ_1 pentru modulul cu o mască (M_1) și Δ_2 pentru modulul cu două măști (M_2), rezultă că derivațiile aflate în sectorul V_nb pot beneficia numai de reglajul modulelor: cu o mască (M_1) pentru tronsonul V_na și cu două măști (M_2) pentru tronsonul ab.

Partitorul proporțional tip Neyrpic

Partitorul de debit este aparatul care repartizează debitul unui canal de aducțiune în două direcții, în orice raport se dorește (este necesar) și independent de intervențiile din aval (variațiile nivelurilor din aval), datorită saltului hidraulic format (fig. 4.15).

Debitele în fiecare derivație sunt proporționale exact cu unghiurile pe care oblonul mobil le înscrie pe sectorul circular gradat, pe care se și sprijină.

Ca și în cazul modulului cu mască, partitorul proporțional este realizat prin valorificarea aceluiași fenomen hidraulic: *saltul hidraulic*.

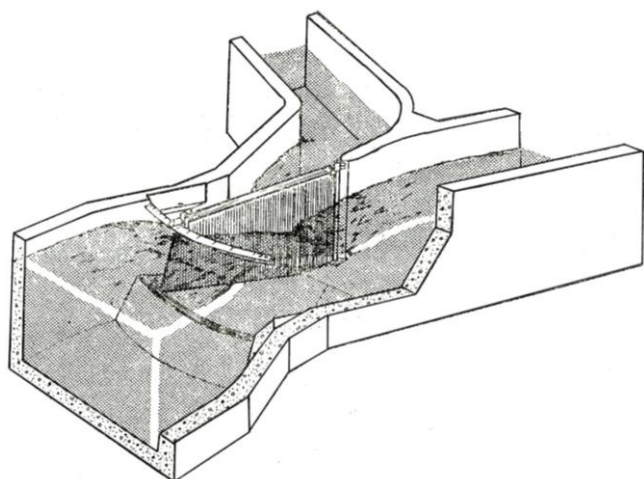


Fig. 4.15. Schema constructiv-funcțională a partitorului proporțional

4.1.2. PRINCIPII ȘI TEHNICI DE AUTOMATIZARE A REȚELOR DE ADUCȚIUNE ȘI DISTRIBUȚIE¹⁾

La proiectarea oricărui sistem automatizat se stabilește un anumit **grad de automatizare**, care limitează la momentul respectiv alegerea soluțiilor și echipamentelor. Este indicat să se prevadă un anumit grad de automatizare care să permită ulterior îmbunătățiri succesive, ținând cont de evoluția cerințelor în timp (diversificare, folosințe, majorare cantități de apă necesare etc.) și de progresele tehnicii în domeniu.

O serie de factori tehnico-economici și chiar sociali frânează adoptarea unui grad superior la proiectare, dar pot impune stringent modificarea gradului de automatizare în etapele următoare de exploatare.

Prin **gradul de automatizare** se stabilește cât anume și în ce fel este automatizată o instalație tehnologică (obiectiv de irigații), distingându-se diferite clasificări:

- **automatizare parțială** – numai a unor (unui) componente ale schemei hidrotehnice
- **automatizare completă** (totală) – de la captarea apei la consumatorii de apă.

Cele mai multe sisteme hidrotehnice sunt în prezent parțial automatizate (numai aducțiuni, numai stații de pompare etc.).

După modul de utilizare a informației în cadrul sistemului se disting (fig. 4.16):

- **automatizări locale** (informația este transformată local în fiecare secțiune și este afișată independent);
- **automatizări dispecerizate** (un centru dispecer elaborează deciziile în urma prelucrării informației

colectate);

– **automatizări mixte** (combinarea după caz a automatizării locale și cu dispecer, rezultând sisteme cu supervizare centrală, ierarhizate etc.).

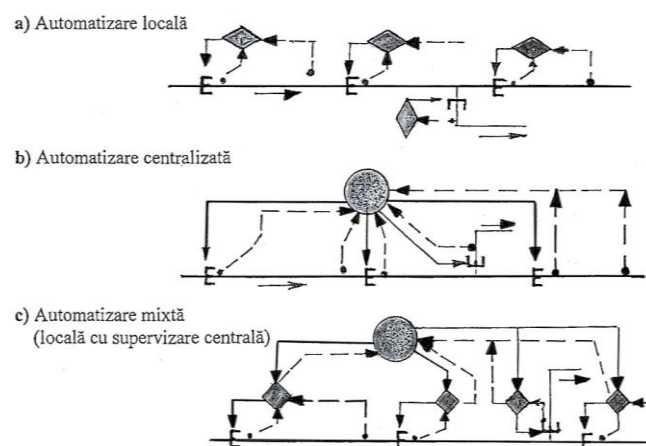


Fig. 4.16. Configurații ale automatizării canalelor de aducțiune și distribuție din sistemele de irigații

Atunci când sunt puse în valoare majoritatea funcțiilor automatizării (de control-informare, conducere-comandă, funcții auxiliare), se poate vorbi de **automatizare complexă**.

Automatizarea simplă se bazează numai pe unele funcții, de exemplu, monitorizarea, numai prin informare.

După natura energiei utilizate în automatizare se disting:

- soluții **hidraulice** de automatizare;
- soluții **electrice** și **electronice** de automatizare;
- soluții **hibride** de automatizare.

În România, realizarea sistemelor de irigații în soluția cu funcționare automatizată a aducțiunilor a fost inițiată în anii 1968-1969, când s-au construit sistemele Carasu, Jegălia ș.a. fiind adoptată comanda hidraulică (automatizare parțială, simplă și locală).

Sistemul Câmpia Buzăului (realizat în anii 1980) face parte tot din această categorie, automatizarea hidraulică cu comandă din aval fiind adoptată pe canalul de aducțiune C. Vest care este alimentat dintr-un canal hidroenergetic (unele automatizări prevăzute la stațiile de pompare de pe derivații nu s-au mai executat).

Cele mai reprezentative *sisteme de irigație cu funcționare automată*, complexă cu comandă electrică sunt cele de la **Sadova-Corabia** ($S = 75$ mii ha, terminat în 1972, în cooperare cu firma engleză Taylor-Woodrow Irrigation Grup) și **Olt-Călmățui** ($S = 46.700$ ha, terminat în 1975 în colaborare cu firma engleză Wimpey) a cărei soluție de automatizare centralizată având centru dispecer prevăzut cu calculator de proces conectat în sistem on-line, reprezintă și astăzi vârful tehnicii mondiale.

¹⁾ R. Condruz (Teză de doctorat, Universitatea Tehică, Iași)

În concluzie, cu excepția sistemelor de irigații Sadova-Corabia și Olt-Călmățui, realizate într-o perioadă când țara noastră a beneficiat de credite internaționale importante, majoritatea marilor sisteme de irigații au aducțiunile automatizate cu regulatoare hidraulice tip AVIO, AVIS (D și T).

Avându-se în vedere o perspectivă rațională de dezvoltare a țării, rezultă că aceste amenajări aflate în exploatare trebuie reconsiderate, reanalizate și adaptate (completate) corespunzător noilor cerințe, pentru a fi aduse la nivel tehnic și funcțional comparativ cu cel existent în marile sisteme de irigații din țările dezvoltate ale lumii.

1° Configurațiile automatizării canalelor

1/ Principiile automatizării locale

În sistemele automatizate local (fig. 4.16.a), fiecare unitate automată independentă controlează numai un dispozitiv sau bief echipat, pe baza datelor ce țin de acel dispozitiv sau bief. Unitățile de control pot fi integrate într-un anumit dispozitiv de control direct al apei în secțiune sau în vecinătatea secțiunii (puț), fiind folosite fie izolat (cazul sistemului de control hidraulic), fie conjugat (ca o parte integrantă a unei rețele de control electric).

Variațiile curgerii în diferite puncte se transmit între unitățile individuale izolate prin frontul unei care poate fi negativ (cerere) sau pozitiv (umplere) și se propagă în direcțiile amonte (sens indirect) și aval (sens direct).

Transmisia hidraulică a informației nu necesită echipamente auxiliare speciale și permite un anumit grad de încredere deși este într-o oarecare măsură lentă, fiind utilizată ca legătură între unitățile de control succesive (în cascadă pe canal) evidențiindu-se o reacție secvențială fie din amonte în aval, fie din aval în amonte.

Dezavantajele transmisiei exclusiv hidraulice se pot ameliora prin completarea sau înlocuirea cu transmisia electrică a informației. Având în vedere poziția senzorilor față de dispozitivele de control și efectul după procesare, se pot defini „apropiate” și „de la distanță”.

Un sistem în care dispozitivele de control utilizează parametri de intrare testați sau măsurați de înseși dispozitivele de control sau de cele aflate în imediata vecinătate este un sistem „apropiat” (identificat cu în-suși sistemul „local”). Un astfel de sistem se realizează spre exemplu cu stavile plutitoare autocontrolabile care pot menține niveluri constante în biefuri după necesități sau posibilități (amonte, aval, mixt).

Controlul „apropiat” nu implică comunicarea datelor sau comenzilor, necesită numai logici simple de control și structuri simple și nu au nevoie de surse exte-

rioare de energie (ceea ce reprezintă principalul lor avantaj).

Controlul „de la distanță” utilizează parametrii măsurați la oarecare depărtare față de dispozitivul de control, fie în bieful aval, fie în bieful amonte, fie în ambele biefuri, sau chiar la un grup de biefuri asociate. Acest tip de control ia în considerație starea unor puncte îndepărtate față de elementul de reglare adaptându-se mai bine la situațiile reale (de exemplu la testarea nivelului semnificativ al stării biefului), provoacă reducerea timpului de răspuns a regulatorului și diminuează dependența față de caracteristicile sistemului de transport al informației. Deși sunt mult mai sofisticate comparativ cu sistemul „apropiat”, pot totuși genera situații de suprareacție și apariția fenomenului de instabilitate – din cauza timpului mare de răspuns necesar ca schimbările regimului de curgere să ajungă la senzor. Cel mai mare dezavantaj îl constituie necesitatea unei surse exterioare de energie, atât pentru echipamentele de transmisie a informației cât și mai ales pentru acționarea regulatorului propriu-zis, ceea ce duce la creșterea riscului de deranjamente.

Se desprind următoarele **concluzii** care subliniază și alte avantaje sau dezavantaje ale *automatizării locale*:

- sistemul „apropiat” nedispunând de echipamente adiționale și de comunicare este mai puțin fiabil, agenții de exploatare nefiind în măsură să supravegheze funcționarea întregului sistem de canale;

- volumul de date de procesat este limitat în cele mai multe cazuri la un parametru, de exemplu nivelul sau debitul, iar comenzile rezultate sunt puține ca număr și simple la sistemul „apropiat”, crescând complexitatea la sistemele „de la distanță” niveluri, volume, debite, poziții;

- utilizarea canalelor la transportul informației necesită un timp relativ lung de răspuns, ce poate fi ameliorat mai mult sau mai puțin prin compensare dintr-un volum de stocaj care însă este constrâns de parametri fizici ai canalului; sistemele electrice pot să aducă îmbunătățiri substanțiale în legătură cu acest aspect;

- sistemele locale „de la distanță” pot fi integrate complet într-un sistem centralizat, în timp ce sistemele locale „apropiate” nu pot fi integrate decât prin adaptarea unor echipamente adiționale și transformarea în sisteme **hibride** (exemplu hidroelectrice).

2/ Principiile automatizării centralizate

La un sistem de automatizare centralizată (fig. 4.16.b), controlul devine un privilegiu exclusiv direct al unei **stații centrale** (post dispecer) în care toate principiile de operare relative la curgerea apei în canalele subordonate sunt îndeplinite automat și sunt transmise în sistem sau supervizate fără intervenția omului (cir-

cuit închis) sau sub supravegherea omului (circuit deschis). Prin alegerea tehnologiilor disponibile, sistemele de control centralizat pot lua mai multe forme. De regulă un sistem poate efectua o monitorizare continuă a unei rețele de canale cu o ajustare (corectare) automată a regulatorului la fiecare 24 de ore corespunzător evoluției cererii. Într-o variantă mai sofisticată poate efectua achiziționarea instantanee de informații, procesarea datelor – interpretarea, decizia și transmitia comenzilor prin operare virtuală continuă în timp real.

Principalele operații proprii stației centrale sunt:

- culegerea de date hidraulice din diferite secțiuni (puncte) ale biefurilor canalelor și de informații privind starea mecanică și electrică a echipamentelor;
- culegerea datelor privind cerințele de apă, completate cu date meteorologice, de prognoză etc.;
- procesarea datelor – de regulă cu ajutorul computerelor – ceea ce permite în primul rând stabilirea valorilor de ajustare a poziționării reguletoarelor (electrostavile plane) corespunzătoare situației găsite;
- transmiterea comenzilor necesare dispozitivelor de control de pe canalele de aducțiune și distribuție;
- funcționarea dispozitivelor de control în concordanță cu comenzile primite.

Adoptarea unui sistem centralizat determină o serie de **deficiențe**, care uneori sunt limitative:

- dispunerea de surse exterioare de energie în toate punctele de înregistrare a datelor, la sistemele de teletransmisie și comunicații, la unitățile de control și la nivelul stației centrale; apar investiții suplimentare, pericole de avarii și protecția muncii, constituie obstacole în terenul agricol etc.;
- apar probleme specifice de întreținere tehnică a rețelei complexe de comunicații și a calculatoarelor, fiind necesare mutații serioase în structura personalului;
- este indicată dublarea unor elemente esențiale (sursele de energie, calculatoare, linii de comunicații) care să asigure atingerea unei siguranțe în funcționare acceptabile;
- se remarcă încărcarea cu echipamente și suprasolicitară centrului dispecer, întreaga funcționare a ansamblului automatizat fiind dependentă substanțial de funcționarea acestui centru;
- complexitatea conceptelor și echipamentelor necesită ca executarea proiectării și instalării să se facă de echipe multidisciplinare (specialiști în hidraulică, automatică, calculatoare și telecomunicații) iar soluțiile să fie analizate și testate.

Se reliefează și o serie de nete **avantaje** care recomandă sistemul centralizat ca o soluție agregată pentru perfecționarea și reabilitarea unui sistem de irigații:

- informațiile achiziționate și prelucrate permit cunoașterea stării și cerințelor de apă pentru întregul canal (sau rețea) în orice moment (practic instantaneu) și determinarea comenzilor necesare pentru o coordonare virtual simultană a reguletoarelor dintr-o categorie prioritară;

- se reduce substanțial timpul de răspuns la o schimbare importantă a curgerii, aproximativ la a 25-a parte din răspunsul sistemului de control secvențial (la un canal lung);

- procesarea computerizată permite folosirea metodelor de control avansate și eficiente, fie în timp real, fie în baza unor scenarii predeterminate (previziuni);

- este indicată prezența unui operator uman, care desfășoară o activitate limitată, de dublură a monitorizării și de decizie și intervenție corespunzătoare în cazuri de urgență sau de pierderea controlului.

3/ Principiile automatizării mixte

O posibilitate aplicată a automatizării mixte o reprezintă controlul automat local sub supervizare centrală, care este o combinație între sistemul de control distribuit și un sistem de monitorizare centralizat, oferind astfel avantajele fiecărui sistem cu minimalizarea dezavantajelor.

Gradul de centralizare determină caracteristicile și performanțele sistemului. Când un canal echipat pentru un control local (distribuit) este monitorizat și controlat de la distanță prin facilitățile oferite de o stație centrală, se distinge o centralizare limitată (v. fig. 4.16.c).

Controlul de la distanță (central) este limitat numai pentru cazurile speciale de urgență semnalate de monitorizarea continuă, sistemul local fiind prioritar. Prin folosirea unui calculator pentru dirijarea proceselor de monitorizare și determinarea modulului de intervenție la reguletoarele locale, se obține o centralizare superioară. Prin prevederea unor posturi dispecer intermediare, între stația centrală și sistemul distribuit dar în apropierea acestuia, se repartizează mai bine sarcinile sistemului centralizat pe întreaga rețea de dispecerizare astfel creată.

Comparată cu sistemul centralizat, varianta prezentată de control mixt necesită comunicații și calculatoare de capacități mult mai reduse, stația centrală și sistemul de legături inter-obiective fiind într-o anumită măsură degrevate. Sistemul este și mai insensibil la consecințele deranjamentelor în liniile de comunicație.

În comparație cu automatizarea locală, funcționarea este îmbunătățită prin facilitățile introduse de monitorizarea centralizată, iar siguranța în funcționare crește prin controlul la distanță în caz de urgență. Folosirea calculatorului de proces pentru ajustarea parametrilor de control determină ameliorarea timpului de

răspuns și o mai bună flexibilitate. Problema principală o constituie, ca la orice sistem alimentat din surse auxiliare de energie, vulnerabilitatea la căderile de tensiune, dar sistemul mixt ameliorează și această hibă prin posibilitatea de a permite reglatoarele locale de a funcționa în aceste situații independent.

2° Soluții de automatizare a canalelor deschise

1/ Soluția hidrolică de control al nivelului cu comandă din amonte

Un canal automatizat în această soluție este împărțit în biefuri de o serie de reglatoare cu flotor amonte care menține automat nivelul adiacent amonte la o cotă aproape constantă (fig. 4.17).

Canalul este prevăzut în secțiunea frontală cu un ansamblu de priză reglator de debit, ce poate funcționa automat.

Dacă într-un bief oarecare debitul prin regulatorul frontal al biefului respectiv depășește cererea în aval și nivelul apei tinde să crească, sub influența acestei creșteri se ajustează poziția regulatorului din capătul aval al biefului astfel încât să crească debitul prin acesta și să se restabilească nivelul apei în amonte la valoarea prestabilită. Când cererea excede alimentarea și nivelul apei scade, poziția regulatorului aval este astfel ajustată încât să reducă ieșirile de debit din bieful comandat.

Esențială pentru îndeplinirea solicitărilor utilizatorilor de apă este legătura dintre ansamblul frontal și canalul cu comandă din amonte; abilitatea autorității de exploatare de a controla cantitatea de apă livrată poate fi avantajoasă în condițiile unor resurse de apă limitate sau pentru asigurarea satisfacerii echitabile a consumatorilor când aceștia au tendința de preluare liberă a apei.

Deoarece suprafața liberă a apei pivotează în jurul punctului de nivel constant aflat la capătul aval al

biefului, volumul de apă în bief este crescător funcție de debit (fig. 4.18). Deci orice creștere a debitului necesită alimentarea adițională a diferențelor de volum, egale cu pana de apă dintre suprafețele libere inițiale și finale (și invers), într-un timp de răspuns relativ lung, observându-se că în bief nu există o rezervă operațională de apă sau rezerva operațională este negativă (v. fig. 4.17).

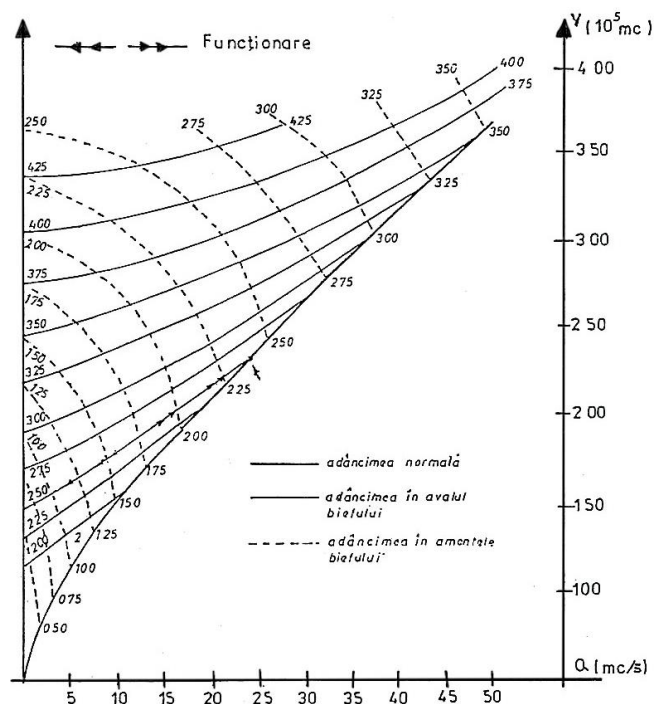


Fig. 4.18. Caracteristicile hidraulice ale unui bief cu comandă hidrolică din amonte

Timpul în care au loc schimbările curgerii poate fi prevăzut prin simulare pe calculator sau poate fi estimat ca o diferență de volum raportată la rata curgerii. Acest timp poate fi influențat semnificativ de modificarea în timp a rugozității canalelor și de alunecarea coeficientului pierderilor de sarcină la reglatoare (datorită uzurii etc.).

Pentru a reduce riscul de deficit, datorat în principal cauzelor menționate, se majorează de obicei debitul la ansamblul frontal (priză) cu 1-10%. Chiar dacă pierderile la capătul aval al canalului pot ajunge la 15-20 % din total în regim de funcționare normală, se poate considera că automatizarea cu comandă din amonte reprezintă o îmbunătățire față de controlul manual care produce pierderi de peste 50%.

Comanda din amonte se justifică pentru canalele de distribuție și pentru automatizarea canalelor

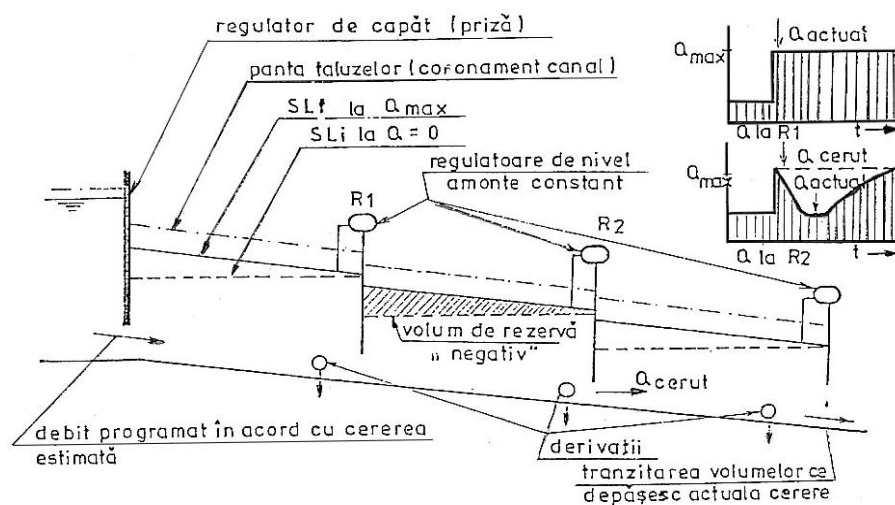


Fig. 4.17. Comandă automată din amonte

simple de aducțiune în condițiile apariției dese a unor restricții de apă și energie.

În concluzie, principalele dezavantaje ale comenzii din amonte se referă la lipsa flexibilității, la timpul de răspuns relativ mare, la pierderile mari de apă și la deficiențele operaționale semnificative. Orice neconcordanță dintre alimentarea derivațiilor și nevoile utilizatorilor de apă va conduce în caz de surplus la pierderi prin capătul aval, iar în caz de restricții la deficiente care vor progresa din aval în amonte.

Principalele avantaje decurg din posibilitatea utilizării unor tehnologii simple aplicabile în special la monitorizarea sistemelor clasice aflate în exploatare, controlul amonte fiind potrivit pentru orice profil longitudinal al canalului deoarece suprafața liberă la debit maxim este paralelă cu fundul și coronamentul canalului. Menținerea constantă a nivelului amonte în bief facilitează alimentarea unor derivații gravitaționale sub debit constant (amplasate imediat amonte de regulator), asigurând de asemenea cotă de comandă la aspirație pentru stațiile de pompare ce alimentează derivațiile.

2/ Soluția hidrolică de control al nivelului cu comandă din aval

Controlul hidrolic al nivelului cu comandă din aval este un sistem apropiat de automatizare locală, fiecare bief (inclusiv bieful frontal) având la capătul său amonte un regulator cu flotor aval, care menține automat nivelul apei imediat în aval la o cotă constantă (fig. 4.19). Fiecare regulator este asociat cu unul sau mai multe niveluri ale apei în bieful adiacent aval, o schimbare a condițiilor de nivel determinând o reacție în cascadă a reguletoarelor din amonte care ajustează corespunzător intrările în sistem (în corelație și cu funcționarea ansamblului frontal – de priză).

Când debitul de alimentare din secțiunea de intrare în bief este mai mare decât cererea în aval și nivelul apei în bief crește, este determinată o astfel de poziționare a regulatorului încât debitul prin regulator să scadă și să restabilească nivelul apei la o cotă aproape constantă.

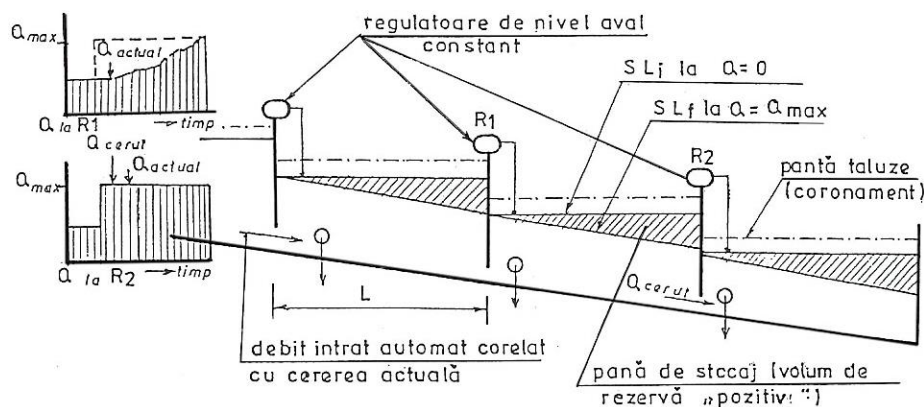


Fig. 4.19. Comandă hidrolică din aval

Când cererea este mai mare decât apa intrată în bief, nivelul apei coboară și regulatorul se poziționează astfel ca să mărească debitul introdus în bief pentru a menține nivelul aval la o cotă aproape constantă, predefinită.

Deoarece suprafața liberă a apei pivotează în jurul punctului de nivel constant aflat la capătul amonte al biefului, volumul de apă în bief este descrescător în funcție de debit (fig. 4.20). Deci pana de apă dintre pozițiile extreme ale suprafeței libere formează **un volum tampon „pozitiv”, de rezervă**, disponibil să compenseze imediat orice variație a cererii, deși timpul real de răspuns este relativ lung (v. fig. 4.19).

Capacitatea cerută de acest compensator va determina distanța minimă dintre reguletoare, pentru un anumit profil al secțiunii transversale a canalului.

În funcție de variațiile cererii, răspunsul obținut din volumul de compensare variază între limitele Q și $(Q/2) \times T$, unde:

$$t = \frac{L}{(gd)^{0,5} + V} + \frac{L}{(gd)^{0,5} - V} \quad (1)$$

în care:

Q este debitul maxim în bieful considerat;

L – lungimea biefului;

d – raportul dintre aria secțiunii transversale a canalului la debit maxim și lățimea canalului măsurată la suprafața liberă a apei;

V – aria secțiunii transversale la debit maxim;

g – accelerația gravitațională.

Principalul avantaj al comenzii hidrolice din aval este că face posibilă alimentarea la „cerere” cu utilizarea optimă a apei în vederea creșterii producției agricole și diversificarea culturilor.

Este eliminată complet sau parțial nevoia unui program prestabilit de livrare, acordând o anumită independență utilizatorilor de apă față de furnizori (în limitele debitului maxim). În acest sens este posibilă și alimentarea altor folosințe corespunzător nevoilor acestora, predeterminate.

Aceste facilități sunt totuși dependente de disponibilitatea apei în amonte, la priza canalului, de capacitățile de stocaj ale biefurilor și de modul de funcționare a canalului (care este echipat și cu alte diferite construcții hidrotehnice care pot constitui tot atâtea surse perturbatoare).

Este important și ca utilizatorii de apă să fie disciplinați, instruiți și educați pentru a evita deranjamentele pe care le-ar putea provoca prin nerespectarea condi-

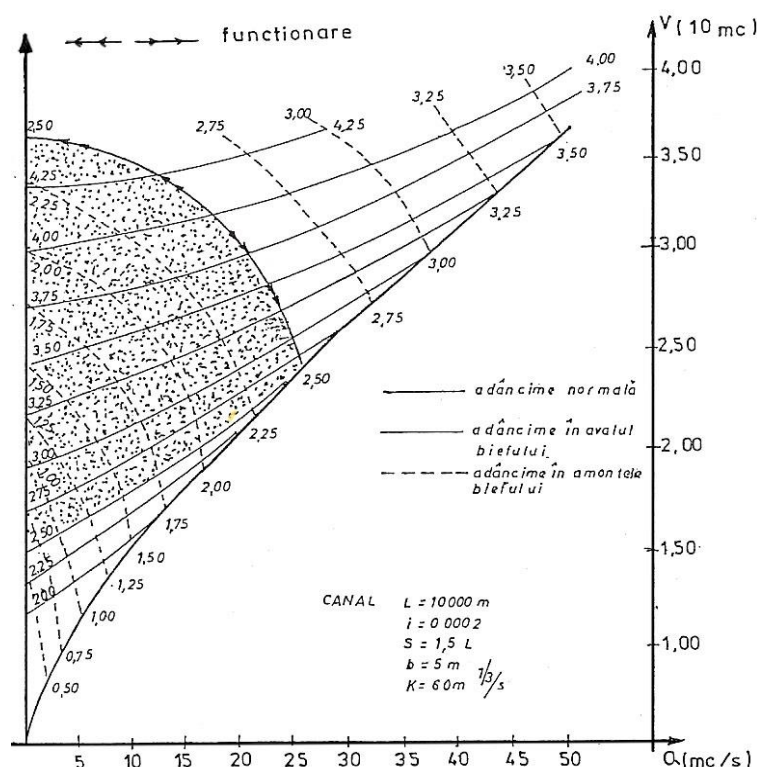


Fig. 4.20. Caracteristicile hidraulice ale unui bief cu comandă hidraulică din aval

țiilor livrării la „cerere”; acest sistem corect aplicat poate reduce la minimum pierderile operaționale.

Dacă alimentarea este insuficientă să satisfacă „cererea” sau dacă apar restricții de apă și energie la priza canalului, deficitele vor evolua progresiv din aval spre ansamblul frontal.

Menținerea constantă a nivelului aval în bief facilitează alimentarea unor derivații gravitaționale sub debit constant la „cerere” (amplasate imediat aval de regulator), asigurând de asemenea cotă de comandă la aspirație pentru stațiile de pompare ce alimentează derivațiile.

Sunt și unele dificultăți ce pot compromite funcționarea acestui sistem sau să îngreuneze aplicarea.

Astfel, realizarea coronamentului canalului necesită berme orizontale paralele în fiecare bief cu suprafața liberă la debit zero, ceea ce implică lucrări adiționale de „supradimensionare” dificil de executat. Aceasta limitează panta longitudinală a fundului canalului la valori mici de aproximativ 10-30 cm pe km, iar volumele de pământ pentru digulețe sunt mai mari.

Este unul din motivele pentru care sistemul cu comandă din aval nu poate fi aplicat ușor la modernizarea sistemelor clasice, ci numai la sisteme noi și nu suportă orice modificări ulterioare în scop de perfecționare sau ameliorare a funcționării.

Propagarea hidraulică a perturbațiilor cererii din aval spre amonte nu se poate face în cazul canalelor cu căderi (hidroenergetice), deversoare serie sau alte con-

strucții hidrotehnice și poate fi compromisă în cazul amplasării unui număr mare de sifoane lungi inversate sub sarcină mare.

Pentru limitarea pierderilor de apă și menținerea volumelor tampon este imperativ necesară captușirea / impermeabilizarea canalelor.

De asemenea, s-a constatat că unele deficiențe legate de montarea și comportarea în timp a reguletoarelor înseși pot introduce perturbații care să pericliteze funcționarea corectă a comenzi hidraulice din aval.

3/ Soluția automată cu comandă mixtă a nivelurilor

Această soluție de automatizare folosește o logică de comandă dependentă atât de nivelul apei în aval, cât și din amonte, în imediata apropiere a regulatorului.

Prin această soluție se pot controla canalele în care condițiile de funcționare nu permit utilizarea unei metode simple de comandă, din cauza unor restricții hidroenergetice.

Cel mai tipic caz este al unui sistem în care controlul amonte este utilizat să mențină nivelul amonte de regulator între limitele superioare și inferioare, cu un control aval operativ la niveluri normale în amonte.

În amonte nivelul poate fi menținut constant la limita inferioară prestabilită, în cazul unei avarii sau alimentări deficitare la priză, sistemul căutând să mențină o rezervă minimă distribuită în toate biefurile.

În amonte nivelul poate fi menținut constant la limita superioară prestabilită, în cazul unei alimentări în exces la priză sau avarii, sistemul căutând să evite revărsările peste coronamentul canalului prin desecarea surplusului în avalul biefului, direct prin regulator sau / și printr-un by-pass special. Alte variante distribuie surplusul în stocaje pe biefurile asociate.

Deci nivelul amonte poate fi menținut constant pe ecartul dintre cele două niveluri limită pe întreaga perioadă a acțiunii restricțiilor (avariilor), evidențiindu-se o serie de faze succesive ale controlului efectuat la creșterea nivelului amonte (fig. 4.21) cât și la scăderea nivelului amonte.

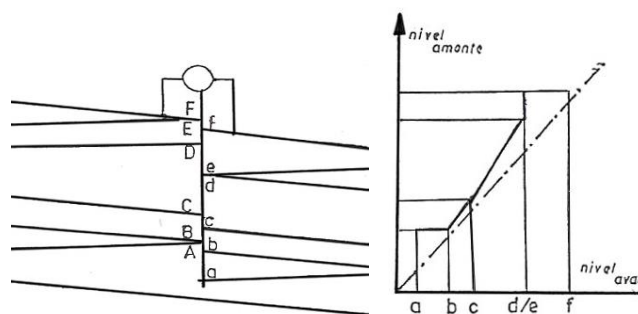


Fig. 4.21. Fazele sistemului cu comandă mixtă a nivelurilor

Faze succesive de control pentru creșterea nivelului amonte:

- nivel amonte minim (nivel amonte constant A/B)
- diferență de nivel constantă (B-b, C-c)
- crește diferența de nivel (C-c, D-d)
- nivel aval constant (d/e)
- nivel amonte maxim (nivel amonte constant E/F)

În condiții normale în amonte (inclusiv la priza canalului), sistemul operează sub comanda din aval.

Un astfel de sistem este indicat în cazul unui canal alimentat cu restricții, spre exemplu din surplusul (vârful) de putere al unei centrale hidroelectrice.

Controlul automat mixt al nivelurilor (numit și local în paralel) se poate realiza practic atât cu comandă hidraulică, cât și cu comandă hibridă de tip hidroelectric sau hidropneumatic.

În varianta hidroelectrică, sistemul local de comandă poate să fie integrat într-un sistem centralizat, prin telecomandă.

Avantajele sistemului mixt rezidă în primul rând din reglajul mai complex capabil să-l execute și din structura relativ simplă a regulatorului în orice variantă constructivă. Problema o constituie fiabilitatea sistemului de comandă care nu răspunde întotdeauna foarte bine cerințelor, în special în cazul variantelor hidraulice.

Oricum, sistemul de automatizare cu comandă mixtă reprezintă o alternativă viabilă pentru rezolvarea unor situații funcționale generate de anumite condiții, mai complexe, fie prin prevederea lor prin proiectare în sistemele noi, fie prin înlocuirea sistemelor actuale hidraulice cu comandă din aval aflate în exploatare, fie prin transformarea / modificarea acestora din urmă în sisteme mixte, alegând varianta de comandă potrivită.

4/ Soluția electrică de control al nivelului cu comandă din aval

Controlul electric al nivelului cu comandă din aval este un sistem „de la distanță” de automatizare locală, care a fost dezvoltat în prima fază să îmbunătățească performanțele sistemului de comandă hidraulică din aval.

Prin construcție, sistemele hidraulice nu pot testa decât un nivel foarte apropiat de organul de reglare (obturatorul stavilei).

Nivelul semnificativ al stării hidraulice reale pe un bief este nivelul din avalul biefului reglat, aici fiind deci necesar a se măsura nivelul, pentru a se asigura o reglare logică și eficientă.

Deci sistemul hidraulic cu comandă din aval asigură o acțiune de reglare corectă, la intrarea în bief, pe baza unei testări relativ false a nivelului corespunzătoare secțiunii amonte „apropiate” a biefului și nu

secțiunii aval unde se stabilește nivelul semnificativ.

La o pantă longitudinală a fundului canalului apropiată de zero (orizontală), liniile extreme ale suprafeței libere se apropie infinitesimal și nivelul semnificativ din aval glisează spre amonte, motiv pentru care o comandă hidraulică aval își atinge totuși scopul asigurând o funcționare acceptabilă.

Controlul electric „de la distanță” poate testa corect nivelul semnificativ din aval, efectuând o reglare corectă la intrarea biefului, deci rezultatul este că reduc bermele orizontale astfel necesare și gârziile de siguranță (fig. 4.22).

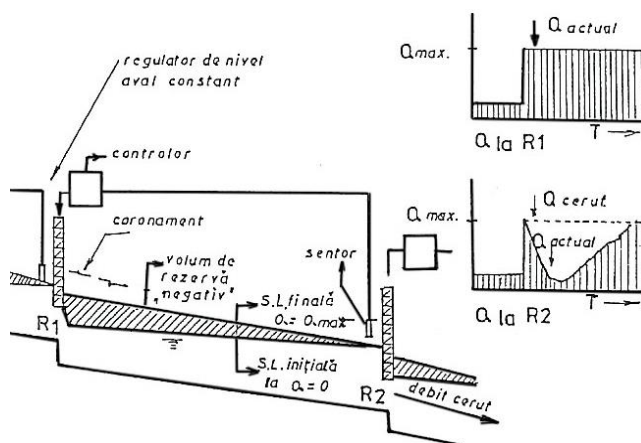


Fig. 4.22. Comandă electrică din aval

Pe de altă parte, răspunsul la variațiile cererii consumatorilor laterali din bief și ale celor din aval este mult mai rapidă (de circa două ori) datorită transmiterii semnalului cererii practic instantaneu (prin linii electrice). Acest tip de comandă este aplicabil și la pante mai mari ale canalului.

Rezerva operațională nu există și este chiar „negativă” și atât timp cât regulatorul frontal reacționează instantaneu la schimbarea nivelului în aval, schimbarea nu poate fi complet compensată până când volumul de apă dintre pozițiile extreme ale suprafeței libere nu este afectat de intrările și ieșirile din bief având în vedere și timpul de deplasare a undelor hidraulice de satisfacere.

Se cunosc mai multe metode de realizare practică a comenzii electrice din aval. Cea mai cunoscută este varianta EL-FLO plus RESET care utilizează la intrare numai nivelul apei la capătul aval al biefului, menținut constant printr-un algoritm ce cuprinde un termen al caracteristicii proporționale (off-set) și un termen al caracteristicii integrale (reset), ceea ce oferă un înalt *grad de flexibilitate operațională a reglării canalului*.

Prin acest mod de control se pot regla lin atât modificările mari și rapide cât și cele mici și încete ale cererii în canal, asigurându-se o stabilitate operațională acceptabilă.

O altă variantă, metoda PID, include în plus un

termen numit „rată” specific acțiunii derivate, ceea ce permite o mai bună concordanță între alimentare și „cerere”.

Metoda CARRD reprezintă o variantă mai complexă în care nivelul este măsurat la intervale regulate de timp în 3-5 puncte în lungul biefului, fiind astfel integrate caracteristicile hidraulice și fizice ale canalului sub forma unei linii teoretice a apei raportată la nivelul mediu de referință. Mărimea intervalelor de timp pentru testarea nivelurilor în punctele respective poate constitui un factor esențial în buna funcționare a metodei CARRD.

Un caz particular al comenzii electrice din aval îl constituie măsurarea nivelului apei la mijlocul biefului reglat (fig. 4.23), ceea ce conduce în principal la o reducere de circa două ori a volumului de compensare stocat în bief.

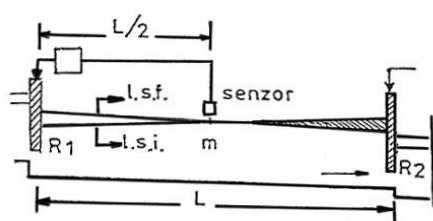


Fig. 4.23. Controlul la mijlocul biefului

Toate metodele de comandă a nivelului aval „de la distanță” (electrice) aduc îmbunătățiri funcționale importante, dar și noi probleme. Pot fi integrate într-un sistem centralizat de control complex.

5/ Soluția electrică de control al volumului biefului (BIVAL)

Sistemul de control „de la distanță” al volumului de apă în biefurile canalelor de aducțiune poate fi considerat un caz particular al sistemului cu comandă din aval (fig. 4.24).

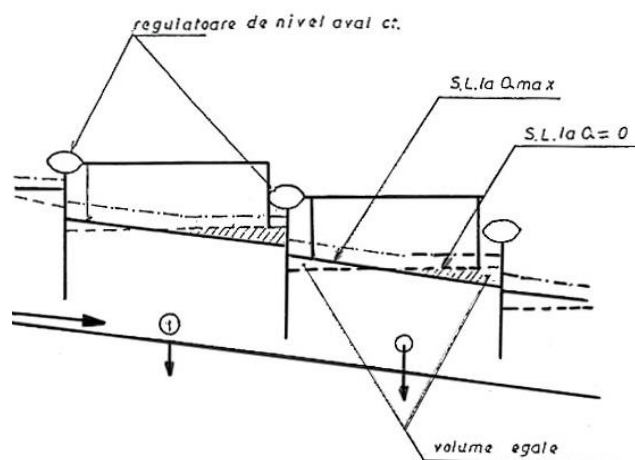


Fig. 4.24. Controlul volumului biefului

Mentținerea constantă a volumului unui bief reprezintă un pas important pentru automatizarea ca-

nalelor. Un procedeu de menținere a unui volum constant în interiorul unui bief a fost aplicat în practică de SOGREAH în 1960 sub numele de metoda BIVAL.

Principalele obiective ale soluției sunt să minimizeze rezerva operațională și timpul de răspuns la schimbări.

Pentru acestea se utilizează doi traductori, amplasați în amonte și în aval în bieful controlat printr-un algoritm. Regulatorul din amonte biefului urmărește să mențină un nivel constant de apă într-un punct localizat în jumătatea amonte a biefului, unde se pot întâlni fronturile undelor rezultate din simultaneitatea perturbațiilor testate în cele două capete ale biefului (fig. 4.25).

Glisarea spre amonte biefului a punctului de intersecție a planurilor de apă extreme asigură o creștere a calității reglajului de nivel în concordanță cu obiectivele urmărite menționate.

Volumul de apă în fiecare bief rămâne virtual constant pentru orice condiții de curgere, întrucât rezerva operațională „pozitivă” aval de punctul de nivel constant (i) egalează rezerva „negativă” amonte de acest punct (fig. 4.26). Volumul de bief fiind constant în orice moment și condiții, variațiile cererii pot fi compensate fără stocaj adițional, iar riscul de instabilitate se reduce mult deoarece timpul de răspuns este minimizat. Numai coronamentul canalului în aval de punctul „i” va urmări profilul aproximativ orizontal al apei conducând la o oarecare supradimensionare a canalului, dar această problemă economică poate fi optimizată prin alegerea pantei longitudinale. Algoritmul de control automat este cu acțiune proporțională, utilizând ca intrări dezacordul dintre nivelul actualizat în punctul „i” și nivelul prestabilit (impus).

Prin simulare matematică se determină parametrii controlului ca poziția punctului de nivel constant (i), frecvența de măsurare, factorul de acțiune proporțională și poziționarea regulatorului.

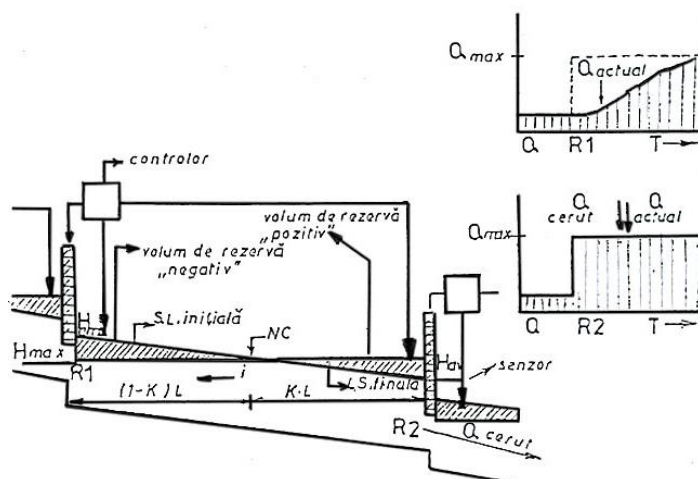


Fig. 4.25. Schema unui bief controlat prin metoda BIVAL

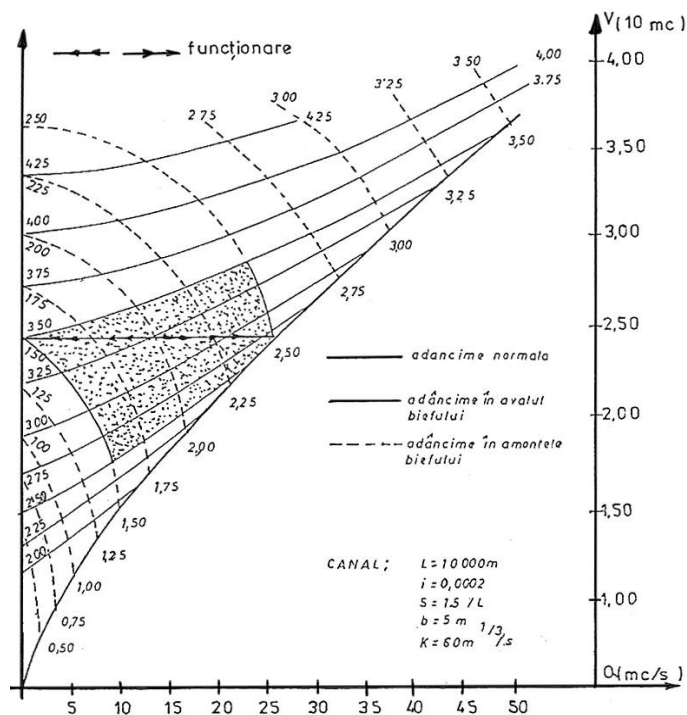


Fig. 4.26. Caracteristicile hidraulice ale unui bief controlat prin metoda BIVAL

Se cunosc două variante ale acestui tip de control numite „bival aval” și „bival amonte”, determinate de poziția regulatorului care ajustează starea biefului (fig. 4.27), prima variantă fiind aplicată în practică.

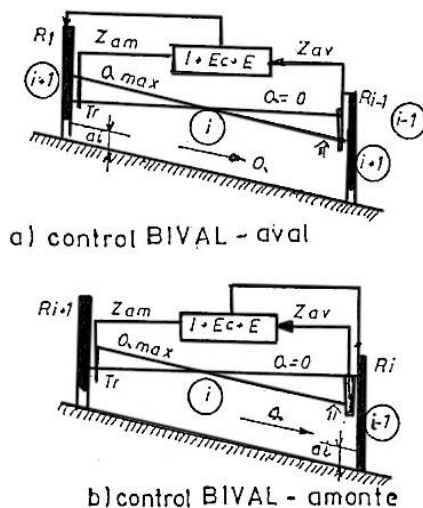


Fig. 4.27. Variante de control al volumului

Metoda BIVAL asigură o livrare la cererea flexibilă cu eliminarea aproape completă a pierderilor de exploatare.

6/ Soluții de control automat al debitului

Reglarea debitelor este necesară în secțiunea frontală a canalelor de derivație, ca și la priza aducțiunii sau uneori în secțiuni importante ale canalelor de aducțiune.

Controlul automat al debitelor urmărește asigurarea oricărei *mărimi de debit* potrivit necesităților consumatorilor de apă în conformitate cu principiul de livrare stabilit (la cerere sau după program).

O problemă importantă o constituie menținerea constantă a debitului livrat, adică asigurarea unei precizii impuse (de exemplu de $\pm 5\%$ față de debitul nominal), ceea ce necesită asigurarea unui nivel relativ constant în canalul de ordin superior care alimentează derivația. Alte probleme ale controlului automat al debitului sunt *eliminarea fraudei* prin zăvorărea dispozitivului de reglare și prin eliminarea influențelor hidraulice din aval, *măsurarea* și chiar *înregistrarea volumelor de apă tranzitate* (în vederea taxării echitabile a consumatorilor) și, în mod deosebit, posibilitatea de integrare a instalației de reglare într-un sistem centralizat de control.

După modul în care sunt îndeplinite diferitele funcții arătate mai sus, controlul debitelor poate fi realizat *semiautomat* sau *complet automat*.

Având în vedere felul în care se îndeplinește reglarea debitului, acțiunea poate fi *continuu* sau *discontinuu* (în trepte).

Luând în considerație modul de alimentare a canalelor, *gravitațională* sau prin *ridicarea mecanică*, se pot reține următoarele metode de control-reglare automată a debitelor:

- *reglare hidraulică locală*, la prizele canalelor de derivații și de aducțiune gravitaționale;

- *reglare electrică locală* (apropiată) sau prin telecomandă (de la distanță) a reguletoarelor la prizele canalelor de distribuție și de aducțiune și/sau pe biefurile canalelor în secțiuni importante;

- *reglare electrică complexă*, în sistem centralizat, prin MHC amplasate la căderile de la prizele canalelor alimentate gravitațional;

- *reglare electrică locală* sau centralizată prin SP amplasate la prizele distribuțiilor sau aducțiunilor.

Deoarece în sistemul de irigații Câmpia Buzăului, luat în studiu, distribuțiile importante sunt cu ridicarea mecanică a apei și crearea presiunii în rețelele în conducte (prin SPP), iar derivațiile sunt cu repompare (SRP), se analizează doar reglarea automată a distribuțiilor prin stații de pompare.

Reglajul automat diferă dacă instalațiile de pompare deservesc numai irigațiile sau trebuie să satisfacă și alte folosințe, ceea ce pune probleme serioase în cazul modernizării și schimbării destinației.

După mărimea reglată, reglajul se poate face prin urmărirea uneia sau mai multor mărimi de natură diferită, cum sunt: nivelul apei în rezervor, presiunea apei în rețeaua de conducte, debitul de apă consumat, durata de funcționare-nefuncționare, puterea consumată, modificarea turăției motoarelor etc.

Se folosesc regulatoare cu acțiune continuă sau discontinuă.

- În cazul stațiilor de punere sub presiune (SPP) ce alimentează distribuțiile, se pot folosi următoarele metode de reglare automată: manometrică simplă (cu presiune eșalonată), manometrică temporizată (cu ecart fix de presiuni și comenzi temporizate), debitmetrică (fără rezervoare de compensare a debitului), manodebitmetrică etc.;

- În cazul stațiilor de repompare SRP (ca și SPA și SPB) reglarea automată se realizează pe bază de niveluri deoarece atât aspirația cât și refularea sunt legate la sisteme cu nivel liber (canale). La SRP se ia în considerație numai variația nivelului apei în bazinul de refulare, nivelul apei la aspirații fiind urmărit doar de instalațiile de protecție; reglajul automat se poate face cu regulatoare cu aducțiune discontinuă (metoda cu niveluri eșalonate, cu ecart fix de nivel și temporizare etc.) sau cu regulatoare cu acțiune continuă (de exemplu, prin pompe cu pale rotorice având unghiul variabil).

7/ Soluția de control automat centralizat (global, în timp real) prin reglare dinamică

Controlul automat centralizat se poate realiza „în circuit deschis” (programat) cu un operator ce operează la un anumit interval de timp, sau „în circuit închis” (în timp real) fără intervenția operatorului (fig. 4.28).

Controlul automat centralizat în timp real are ca obiectiv livrarea apei la „cerere” sub supervizarea unei stații centrale, operatorul uman intervenind numai în situații de urgență (avarii). Un element cheie al acestui

tip de control îl constituie consumul de apă prevăzut la fiecare derivație, regulatoarele urmărind să asigure în avans condițiile necesare astfel ca, atunci când survine „cererea” să poată fi îndeplinită cu promptitudine și fără riscuri. Frecvența procesării ciclice (de exemplu 10 minute pe oră) este esențială pentru un răspuns bun la variațiile „cererii”.

O metodă verificată de controlul automat centralizat în timp real este **reglarea dinamică**.

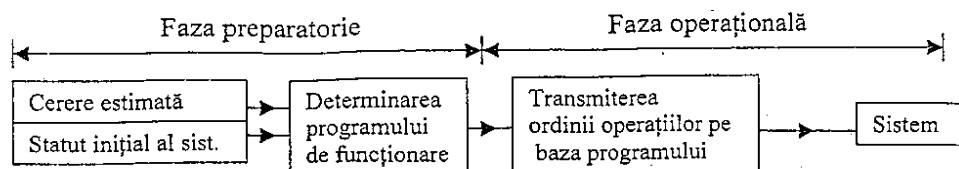
Metoda este definită ca un ansamblu de mijloace de optimizare a întregului management al apei transportate prin sistemul de canale în corelație cu variațiile prevăzute ale „cererii”, corectate cu livrările actuale la derivații și starea curentă (nivelul-volumul în fiecare bief și poziția regulatorului) a întregului sistem (efect global de control).

Controlul este efectuat sub forma sistemului în circuit închis, ciclic, la intervale egale de timp. Întreaga cantitate de apă gestionată în sistem este considerată ca o distribuție a rezervei disponibile în vederea îndeplinirii imediate și viitoare a cerințelor în orice punct.

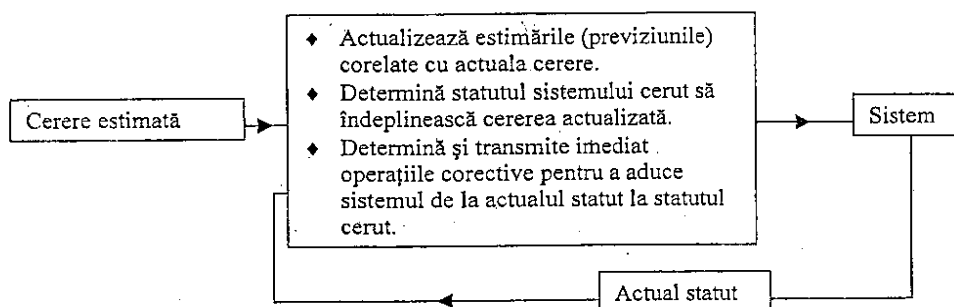
Principalele facilități oferite de reglarea dinamică sunt:

- măsurătorile și reglajele se efectuează în mod discret, la intervale de timp regulate;
- sunt controlate volumele de apă ale fiecărui bief urmând o valoare variabilă, respectiv volumul prescris în canal se modifică atunci când debitul variază.

În fig. 4.29 se prezintă un exemplu de funcționare în reglarea dinamică și elementele hidraulice.



a) Control programat: Circuit deschis, rerulat la fiecare 12 sau 24 de ore



b) Control în timp real: Circuit închis, rerulat la câteva minute sau ore

Fig. 4.28. Concepte de control automat centralizat

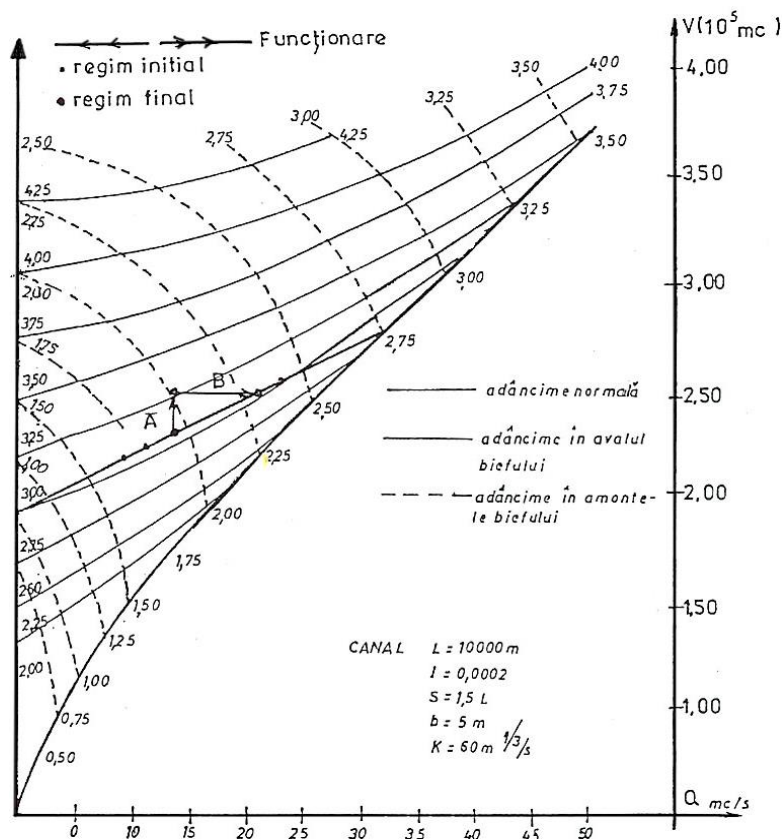


Fig. 4.29. Caracteristicile hidraulice ale unui bief controlat centralizat prin reglare dinamică

- este utilizată o fază de anticipare, astfel:

1. **faza A** – dacă o modificare a regimului (ΔQ) într-un bief cere o modificare a volumului (ΔV) în bief, ajustarea reglajului la intrarea biefului se va face cu un avans ($\Delta V/\Delta Q$) în raport cu prelevarea;

2. **faza B** – în intervalul ($\Delta V/\Delta Q$), volumul existent în bief este adaptat pentru a fi în acord cu volumul normal al noului debit în momentul schimbării regimului;

- acționează în circuit închis, diferite reglaje fiind modificate printr-un reglaj de tipul P și I centralizat asupra volumelor calculate, pornind de la memorarea debitelor reglate de reglatoare și a mărimii nivelurilor în canale. Fazele principale care intervin în reglarea dinamică sunt: previziunea consumurilor, calculul debitului de anticipare, calculul volumului consemnat în bief, calculul debitului mediu de anticipare, calculul volumului real, calculul debitului mediu tranzitat, elaborarea comenzii.

- previziunea consumurilor este posibilă în funcție de mai mulți factori, de exemplu după consumul la momentul prevederii având în vedere o curbă de variație zilnică, calculul efectuându-se de 10 ori pe zi;

- calculul debitului de anticipare se face din avalul biefului spre amonte. De exemplu, dacă se consideră două biefuri succesive pe un canal, bieful „b” și „(b-1)” amonte de primul și debitul de anticipare $QA(t,b)$ pe bieful „b”, se poate calcula debitul $QA(t,b-1)$ pe bieful precedent cu un decalaj de timp în avans

$T = \Delta V/\Delta Q$, debitele la prizele consumatorilor Qp din cele două biefuri fiind decalate cu întârziere Δtp :

$$QA(t,b-1) = QA(t + \Delta V/\Delta Q, b) + Qp(t + \Delta tp) \quad (2)$$

- controlul volumelor conținute în bief, valoarea de consemn a volumului este în funcție de regimul de lucru al canalului (debitul mediu de anticipare) și momentul din zi. Consemnele pentru oricare debit mediu de anticipare se memorează în scenarii. Valoarea de consemn este interpolată în timp real de elementul logic al reglării în funcție de debitul mediu anticipat după relația:

$$Q_{md.anticip.}(b-1) = \frac{1}{T} \left\{ \left[\sum_{i=1,T} Q_A(t+i,b) \right] + \sum_{j=1,N_p} \sum_{i=1,r} Q_{P_j}(t+i) \right\} \quad (3)$$

unde:

T - întârzierea biefului;

N_p - numărul de prize;

Q_p - debitul prevăzut la priză;

r - întârzierea la priză.

- volumul real corespunde măsurătorilor, fiind în funcție de nivelul mediu pentru debitul mediu în tranzit (care corespunde mediei debitelor dintre momentul de reglaj t și $t-\Delta V/\Delta Q$):

$$Q_{md.tranz.}(b-1) = \frac{1}{T} \left[\left(\sum_{i=1,T} Q_R(t-i,b-1) \right) - \left(\sum_{j=1,N_p} \sum_{i=r+1,T} t-i \right) \right] \quad (4)$$

unde:

Q_R - debitul reglat în amonte biefului.

- elaborarea comenzii; comanda elaborată în circuit deschis este corectată în funcție de starea sistemului. Corecția este calculată pentru o acțiune proporțională și integrală asupra ecartului de volume (volum necesar/volum de consemn). Corectarea biefului aval este raportată biefului amonte prin intermediul unui coeficient K_N .

$$\text{comanda} = QA(t,b-1) + K_P(V_{nec} - V_{real}) + K_I \int (V_{nec} - V_{real}) dt + K_N \quad (5)$$

Prin dezvoltarea modulelor pe calculator care simulează comportamentul curgerilor nepermanente în canale, este posibil să se testeze diferite scenarii și să se implementeze opțiunile care îndeplinesc cel mai bine cererile prezise.

Utilizatorii pot lua un debit limitat fără înștiințări anterioare.

4.1.3. SECȚIUNI CARACTERISTICE PE REȚEAUA DE ADUCȚIUNE ȘI DISTRIBUȚIE CU ECHIPAMENTELE DE AUTOMATIZARE (ȘI ÎN SOLUȚIE ROMÂNEASCĂ)

Secțiunile caracteristice de automatizare se stabilesc în corelație cu elementele componente ale schemei hidrotehnice ale sistemului de irigații.

Alegerea schemei de automatizare (atât în cazul sistemelor noi, cât și al sistemelor reabilite și modernizate) depinde de o serie de factori tehnico-economici: natura obiectivelor automatizate, performanțele echipamentelor și posibilitățile de funcționare în condițiile date, costul, cheltuielile de întreținere și exploatare etc.

În continuare se prezintă secțiunile caracteristice pe rețeaua de aducțiune și distribuție:

Nodurile de alimentare din partea frontală a canalelor de aducțiune – reprezintă puncte nevralgice ale sistemului, de ele depinzând întreaga funcționare și exploatare a rețelelor. Este indicat să se constituie aici sediul principal de control al rețelelor. În aceste noduri, pentru mărirea fiabilității se recomandă comandă dublă a fiecărui parametru hidraulic determinat, de exemplu reglajul local al nivelurilor este dublat de un reglaj prin telecomandă centralizată. În general se măsoară și se reglează nivelul, se măsoară și eventual se reglează debitul, în funcție de principiul de livrare a apei. Se controlează și poziția reglatoarelor din secțiunea frontală, ca și funcționarea eventualelor instalații auxiliare;

Nodurile de biefare a traseului canalelor – se echipează cu reglatoare de nivel sau debit, adecvate tipului de comandă și de acționare în funcție de gradul de automatizare. În cazul comenzii locale se reglează nivelul în bief fiind necesar a se prevedea și mijloace de protecție (sifoane autoamorsabile, deversoare, stavile by-pass). În cazul comenzii centralizate este preferabil a se regla debitele sau volumele cu suprareglaj de nivel;

Nodurile de racordare a sectoarelor de legătură cu biefurile canalelor – se constituie în funcție de condițiile de relief străbătute când sunt necesare construcții speciale (sifoane, apeducte, galerii forțate) pentru realizarea continuității aducțiunilor. În aceste secțiuni este perturbată mișcarea apei. Echiparea automată depinde de gradul de perturbare, de tipul de reglaj de pe biefurile normale și de soluția de racordare. Uneori echipamentele sunt dispuse într-o cameră de echilibre-racordare ce intră în componența nodului. Este obligatorie verificarea stabilității funcționării și luarea unor măsuri speciale în caz de necesitate;

Nodurile de priză ale consumatorilor – sunt constituite în secțiunea frontală a distribuțiilor și sunt deseori comasate cu nodurile de biefare ale canalelor de ordin superior. Echipamentele de automatizare de-

pind de tipul distribuției (gravitațională fără cădere, cu cădere prevăzută cu SP), de modul de livrare a apei, de tipul de comandă, complexitatea parametrilor de reglaj și de gradul de automatizare adoptat. Obligatoriu se măsoară volumul, debitul, nivelurile (sau presiunea) și, după caz, parametrii de calitate a apei, se reglează sau se limitează debitul sau/și presiunea (nivelul);

Nodurile speciale – pot interveni în secțiunile de evacuare-restricție, tratarea apei, protecție. Ele pot interveni în funcționarea rețelelor cu restricții proprii ce produc perturbații. Echiparea pentru automatizare este în funcție de caracteristicile parametrilor din nod și de soluția de automatizare a tronsoanelor adiacente și ansamblului.

Tipuri și relații de reglaj automat pe rețelele de aducțiune și distribuție

Tipurile și relațiile de reglaj automat al rețelei deschise se subordonează modului de livrare a apei și funcționalității ansamblului.

Livrarea apei la „cerere” se asigură în limita capacității de transport a rețelei și a condițiilor de alimentare. Canalele se împart în biefuri prin stăvilare automate care asigură permanent debitele, la niveluri cel puțin egale cu cotele de comandă ale consumatorilor.

Livrarea apei după „program” se realizează în limita volumelor planificate, elementele de automatizare la fiecare consumator reglându-se după programul cotelor de volum (sau debit) și perioadele de timp impuse.

În ambele cazuri elementele de automatizare realizează comanda local sau centralizat prin dispecer.

La distribuția la „cerere” se folosește comanda din aval sub diferite variante, iar la distribuția după „program” se folosește comanda din amonte.

În practica de automatizare se folosesc în mod obișnuit mai multe tipuri de reglaje pe bază de nivel, debit sau mixt, informația fiind culeasă de pe bieful aval, amonte sau de pe ambele, parametrii hidraulici fiind supuși reglărilor în diverse variante.

În continuare au fost selectate și se prezintă sintetic **principalele relații de reglaj automat**.

1° Reglajul parametrilor hidraulici din bieful aval de stăvilă

Se poate realiza în diferite soluții pe bază de reglaj al nivelurilor, debitelor sau mixt. Fiecărui tip din această categorie îi corespund anumite echipamente de automatizare.

Reglajele pe bază de niveluri se realizează cu unul, doi sau trei traductori, obținându-se cazuri particulare (control apropiat, îndepărtat). Schema de principiu (fig. 4.30) cuprinde stăvilă (R_i), traductoarelor (T_r), instalația de automatizare (A) ce include în unele cazuri calculatorul (C).

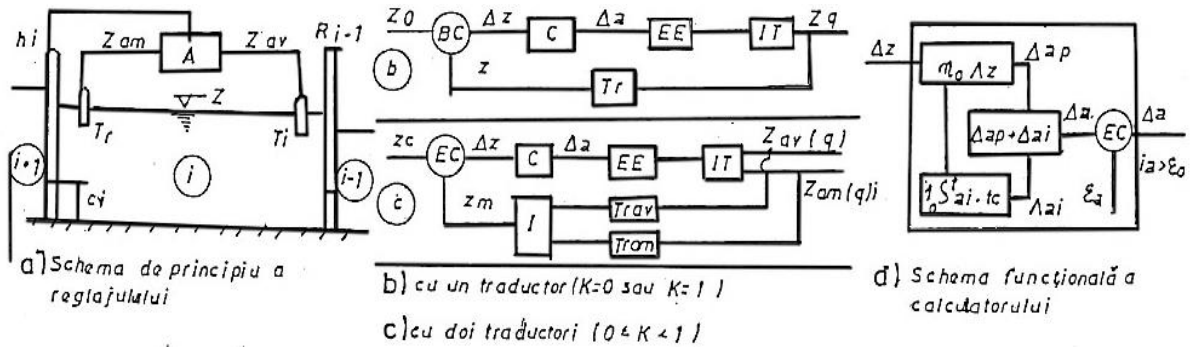


Fig. 4.30. Schemele reglajului de niveluri din bieful aval

Reacția Z (modificarea nivelului în bief) este măsurată de traductor și simplă sau mediată de sumatorul ponderat (I) și intră în elementul de comparație (EC) care o compară cu mărimea prescrisă Z_0 rezultând $\varepsilon = \Delta z$. În funcție de soluția de control adoptată, un element oarecare de decizie, de exemplu calculatorul (C), convertește Δz în element de comandă Δa (deschiderea sau închiderea stăvilii), pe care-l îndeplinește elementul de execuție (EE) din instalația tehnologică (IT -bieful) rezultând noul parametru de ieșire $Z(q)$.

Calculatorul face un reglaj programat. Reglajul pe bază de nivel din bieful aval se poate realiza după următoarele relații:

$$Z_{am,i} = \text{const.} \quad (6)$$

$$\Delta a_i = m_{oi} [K \Delta z_{am} + (1-K) \Delta z_{av}]_i \pm \varepsilon_a \quad (7)$$

Relația (6) caracterizează reglajul cu un traductor amplasat în capătul amonte al biefului, imediat aval de stăvilă (control „apropiat”) iar relația (7) descrie reglajul cu „încrucișarea liniilor de nivel”. Coeficientul de pondere K determină punctul de intersecție a planurilor de apă în bief, pentru valori $K \in [0, 1]$, astfel:

$K = 0$ - se menține nivel constant în avalul biefului de către regulatorul din amonte, cu un singur traductor în aval (control aval „de la distanță”);

$K = 0,5$ - se menține nivel constant la mijlocul biefului, cu un traductor de centru sau cu doi traductori;

$K = 1$ - determină reglajul simplu de tipul (6).

Un reglaj mai complex, calitativ superior, din clasa PI, este dat de relația generală:

$$\Delta a_i = m_{oi} [K \Delta z_{am} + (1-K) \Delta z_{av}]_i + M_{oi} [K \Delta z_{am} + (1-K) \Delta z_{av}]_i dt \pm \varepsilon_a \quad (8)$$

unde:

m_{oi} și M_{oi} sunt constante cu valori anumite.

Echipamentele automate corespunzătoare sunt:

- regulatoare hidraulice de nivel cu flotor (AVIO, AVIS, T, D, RHN) în cazul relațiilor (6) și (7) pentru $K = 1$, realizând control local „apropiat”;

- electrostăvilile plane cu comandă locală „de la distanță” în cazul relației (7) pentru $0 < K < 1$;

- regulatoare BIVAL aval pentru $K = 0,5$ relația (7) sau electrostăvilile cu comandă de la distanță de tip Little Man pentru $K = 1$;

- regulator Hy-FLO în cazul relației (8) pentru $K = 0$ stabilizat prin filtru hidraulic și $M_{oi} = 0$ și EL-FLO stabilizat prin filtru electric;

- regulator EL-FLO plus RESET în cazul relației (8) pentru $K = 0$ și $M_{oi} \neq 0$.

2° Reglajul parametrilor hidraulici din bieful amonte de stăvilă

Se poate realiza în diferite soluții pe bază de nivel sau debit, informațiile pentru reglare fiind culese de pe bieful amonte aferent stăvilii. Fiecare tip de reglare are caracteristici anumite echipamente de automatizare.

Reglajele pe bază de niveluri se realizează cu unul sau doi traductori de nivel, obținându-se cazuri particulare (control apropiat, îndepărtat). Schema de principiu este redată în fig. 4.31.

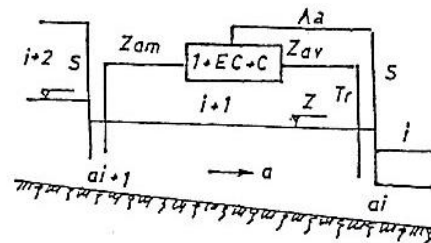


Fig. 4.31. Schema reglajului de nivel din bieful amonte

Pe bază de nivel sunt caracterizate patru tipuri de reglaje descrise de următoarele relații:

$$\Delta a_i = m_{oi}^{1} [K \Delta z_{am} + (1-K) \Delta z_{av}]_{i+1} \pm \varepsilon_a \quad (9)$$

$$\Delta a_i = m_{oi}^{1} [K \Delta z_{am} + (1-K) \Delta z_{av}]_{i+1} + M_{oi}^{1} [K \Delta z_{am} + (1-K) \Delta z_{av}]_{i+1} dt \pm \varepsilon_a \quad (10)$$

și

$$\Delta Q_{am,i} = m_{oi}^{1} [K \Delta z_{am} + (1-K) \Delta z_{av}]_{i+1} \pm \varepsilon_a \quad (11)$$

$$\Delta Q_{am,i} = m_{oi}^{1} [K \Delta z_{am} + (1-K) \Delta z_{av}]_{i+1} + M_{oi}^{1} [K \Delta z_{am} + (1-K) \Delta z_{av}]_{i+1} dt \pm \varepsilon_a \quad (12)$$

Echipamentele automate corespunzătoare sunt:

- regulatoare hidraulice cu flotor „cu nivel amonte constant” (AMIL, segment, placă RHN etc.) în cazul relației (9) pentru $K = 0$ (control local „apropiat”);

- electrostăvilile plane cu comandă locală „de la distanță” sau în sistem centralizat și regulatoare BIVAL amonte, în cazul relațiilor (9-12) pentru $0 < K < 1$.

3° Reglajul parametrilor hidraulici din ambele biefuri aferente stăvilarelor

Este un reglaj foarte complex realizat după relația:

$$\begin{aligned} \Delta a_i - m_{0i} [K \Delta z_{am} + (1-K) \Delta z_{av}]_i + \\ + M_{0i} [K \Delta z_{am} + (1-K) \Delta z_{av}]_i dt + \\ + m_{0(i+1)}^1 [K^1 \Delta z_{am} + (1-K^1) \Delta z_{av}]_{i+1} + \\ + M_{0(i+1)}^1 [K^1 \Delta z_{am} + (1-K^1) \Delta z_{av}]_{i+1} dt \pm \varepsilon_a \end{aligned} \quad (13)$$

Pentru $K^1 = 1$, $K = 0$ și M_{0i} , o se obține reglajul „cu conexiuni încrucișate” realizat la Institutul Frunze.

Toate celelalte tipuri de reglaj sunt de fapt cazuri particulare ale relației (13), obținându-se din acesta. Fiecare din constantele care intră în ecuațiile de reglaj permite optimizarea răspunsului sistemului, valorile acestor constante fiind astfel alese încât să se asigure condițiile de stabilitate, suprareglajul să fie minim, iar numărul de oscilații și respectiv de acționări la o perturbare dată trebuie de asemenea să fie minim.

Concluzii asupra tehnicilor de automatizare cu evidențierea unor cerințe de perfecționare

Rețeaua de canale deschise, de aducțiune și de distribuție reprezintă un obiectiv funcțional esențial al sistemului de irigații, de care depinde în final satisfacerea consumatorilor de apă, corespunzător cerințelor prestabilite și condițiilor posibile limitative. Funcția de conducere automată a sistemului și respectiv a rețelelor, îndeplinită local sau centralizat, necesită adoptarea unei scheme de reglaj determinată de tipul rețelei și complexitatea secțiunilor, condiții și cerințe etc.

Gradul, calitatea și tehnicitatea unei automatizări diferă în funcție de tipul de reglaj adoptat, subordonat principiului de livrare a apei și echipamentului de care dispune. Procesul tehnologic automatizat trebuie să asigure condiții de exploatare normale și protecția elementelor sistemului.

Principala problemă a automatizării canalelor o constituie echipamentul folosit, tipul, calitatea și fiabilitatea acestuia.

Tendința mondială în concepția automatizării este de introducere a echipamentelor electrice-electronice și de a dispeceriza dispozitivele hidraulice locale.

4.1.4. MODALITĂȚI DE CONTROL – REGLARE A NIVELURILOR ȘI DEBITELOR PE CANALELE DE ADUCȚIUNE ȘI DISTRIBUȚIE DIN SISTEMELE DE IRIGAȚII

Alături de soluția de automatizare aleasă și de tipul comenzii îndeplinite, un rol deosebit de important îl joacă și dispozitivul (regulatorul) care realizează re-

glarea nivelurilor și debitelor conform cerințelor de pe rețeaua de canale.

Din multitudinea reglatoarelor prezentate în literatura de specialitate, s-au reținut reglatoarele hidraulice de tipul celor existente pe canalul CA Vest din sistemul Câmpia Buzăului și reglatoarele „compatibile” sau „adaptabile” care ar permite perfecționarea funcționării ansamblului biefuri + reglatoare pentru a răspunde la întreaga gamă de cerințe actuale și de perspectivă. Pentru reglatoarele alese s-a analizat componența, funcțiunile îndeplinite, relațiile analitice și diagramele caracteristice, locul de amplasare, avantajele și dezavantajele, urmărindu-se a se pune în evidență posibilitățile de modificare-adaptare, combinare-completare sau înlocuiri care să permită controlul automat al canalului în diverse ipoteze de funcționare.

Locul, rolul și clasificarea reglatoarelor de nivel și debit

Reglatoarele de nivel și/sau debit sunt dispozitive tehnice cu diferite acționări și comenzi care respectă principiile SRA (sistem de reglare automată), având drept rol asigurarea cvasiconstanței nivelului și/sau debitului de apă.

În condițiile funcționării rețelei de canale, funcțiile de măsurare, comandă, execuție și control (toate sau numai unele) sunt preluate de către reglatoarele de nivel și/sau debit.

Acestea se amplasează în secțiunile caracteristice ale rețelei de canale de transport și de distribuție;

- în aliniament pe canale de transport (magistrale, de aducțiune) în vederea realizării biefării;

- pe traseul canalelor de distribuție, în dreptul consumatorilor (SPP) pentru asigurarea condițiilor de funcționare (cote de comandă, protecție);

- în nodurile de priză ale canalelor de derivație pentru realizarea debitului și nivelurilor diferite solicitate de consumatorii de apă.

Primele două situații conduc la amplasarea în cascadă a unui număr de dispozitive automate care delimitează un număr de biefuri serie, cuprinse între organele de reglaj respective. În ultima situație dispozitivele sunt concentrate în sectorul frontal al derivației fiind posibile asocieri de aparate pentru a atinge toate funcțiile necesare.

Clasificarea reglatoarelor automate se poate face după mai multe criterii:

a) după natura mărimii reglate

- reglatoare de nivel;
- reglatoare de debit;
- reglatoare de presiune;
- reglatoare mixte (combinate).

b) după natura energiei care se utilizează pentru

reglaj:

- reglatoare cu acționare hidraulică;

- regulatoare cu acționare electrică;
- regulatoare cu acționare pneumatică;
- regulatoare cu acționare hibridă (mixtă).

c) după natura sistemului hidraulic de utilizare:

- regulatoare pentru sistemele hidraulice cu nivel liber (canale deschise, rezervoare);
- regulatoare pentru sistemele hidraulice sub presiune (conduite închise, hidrofoare).

d) după felul acțiunii la reglarea comenzilor:

- regulatoare cu acționare discretă (discontinuu);
- regulatoare cu acționare continuă.

e) după locul unde se exercită controlul:

- regulatoare cu comandă din amonte;
- regulatoare cu comandă din aval;
- regulatoare cu comandă mixtă.

Cel mai frecvent utilizate în reglarea nivelurilor și/sau debitelor pe rețelele de transport și de distribuție cu nivel liber sunt regulatoarele cu acționare hidraulică, care prezintă o serie de mari avantaje. Comparativ cu regulatoarele cu acționare electrică, ce pot fi integrate într-un sistem automat complex centralizat, regulatoarele hidraulice au o acționare exclusiv locală.

Regulatoarele electrice includ ca elemente de execuție o stavilă plană acționată de un element electromotor ce are nevoie de energie exterioară (principala lor dezavantaj) și un dispozitiv de automatizare cu elemente electrice și electronice, care poate conține și un calculator, ceea ce permite și implementarea unor algoritmi ce pot controla niveluri, debite, volume după necesități.

Regulatoarele hidraulice sunt alcătuite dintr-un flotor și o capacitate hidraulică cu rol de integrator al oscilațiilor de nivel, fiind componente ale unei construcții hidrotehnice speciale sau adaptate. Principala lor caracteristică este că utilizează în procesul de măsură, de comandă și execuție energia hidraulică, adică chiar energia mediului asupra căruia acționează reglajul.

Aceasta conferă avantajul unor investiții mai mici (față de soluțiile electrice), în condițiile în care costurile energiei sunt în continuă creștere și mai ales în condițiile în care transportul energiei electrice în lungul rețelelor de canale necesită mari cheltuieli.

O particularitate constructivă constă în faptul că atât elementul de măsură, cât și cel de acționare formează corp comun cu organul de reglare, adică este redus la maximum numărul de legături dintre subansamble, fapt ce generează o sporire a siguranței în funcționare.

Tipuri de regulatoare de nivel și debit

După locul (bieful) în care este executat controlul automat, principalele tipuri de regulatoare cu acționare hidraulică sau hibridă sunt următoarele:

- regulatoarele hidraulice de nivel cu comandă din amonte (regulatorul AMIL, stavila cu corpuri plu-

titoare, stăvilă flexibil – autoreglabil, vana placă);

- regulatoare hidraulice de nivel cu comandă din aval (regulatoarele AVIS și AVIO, T și D, stavila cu corpuri plutitoare, vana cilindrică);

- regulatoare hidraulice de nivel cu comandă mixtă (regulatoarele RHN-I, regulatoare sector, V. Neyrpic);

- regulatoare hidraulice de nivel cu comandă mixtă hibridă (regulatorul RHN);

- regulatoare hidraulice de debit (modulul cu mască, stavila cu oblon și plutitor STREDOMAP, debitmetrul cu mască și șurub, partitorul proporțional, sifonul autoamorsabil de protecție).

Pentru fiecare din aceste regulatoare de nivel se prezintă rolul funcțional, elementele componente, condițiile de amplasare și funcționare, principalele relații analitice și curbele caracteristice de funcționare, aspectele limitative sau deficiențele de comportare semnalate în exploatare, în concordanță cu situația actuală și cerințele de perspectivă pentru canalul *C Vest* din sistemul Câmpia Buzăului.

1° Regulatoare hidraulice de nivel cu comandă din amonte

Indiferent de soluția constructivă și de principiu, rolul funcțional este de menținere și control automat al nivelului apei în bieful amonte de amplasament, la o valoare constantă. Regulatorul AMIL este cel mai cunoscut și aplicat.

1/ Regulatoare de nivel amonte de tip AMIL

Regulatorul AMIL, produs al firmei Neyrpic – Franța, are rolul de a menține automat, pe principii hidraulice, planul de apă de amonte la o cota determinată (cvasiconstantă), indiferent de variația debitului consumat în bieful aval.

Controlează o secțiune de formă trapezoidală îngustă față de secțiunea canalului, fără a închide complet secțiunea.

Se amplasează transversal pe direcția de curgere și efectuează și alte funcții în afara menținerii nivelului amonte:

- permite preluarea debitelor la derivații gravitaționale evitând fluctuația în afara limitelor prestabilite;
- permite conducerea debitelor derivate la distanțe cât mai mari, în cazul alimentării gravitaționale din bief;
- protejează malurile, atât la debitul de etiaj, cât și la viituri;
- evită deversările peste coronamentul canalului la manevre greșite sau la mari fluctuații provocate;
- menține nivelurile în rezervoarele și lacuri de acumulare, prin controlul evacuărilor.

În fig. (v. 4.12 și 4.17) se prezintă elementele componente ale regulatorului AMIL, iar în fig. 4.18 este redată diagrama de funcționare.

Regulatorul AMIL este realizat în 21 tipodimensiuni (D80 ÷ D800), cu pierderi de sarcină de 2-100 cm și debite între 100-5000 l/s.

Stabilirea tipodimensiunii stavilei se face în funcție de debitul maxim (de calcul) tranzitat către bieful aval ($Q^{c,n+1}_{\max}$) și de pierderea de sarcină aferentă acestuia ($J = NH_{d,am(stav)}$ sau $J = NH^n_{d,av} - NH^{n+1}_{d,am}$) având în vedere diagrama pierderilor de sarcină $Q = Q(D, J)$ unde dimensiunea D definește tipodimensiunea și reprezintă lățimea apei în amonte de tablierul stavilei.

Important de subliniat este faptul că, dacă nivelul apei în amonte de stavile depășește cota axului ($> h_{\max}$) cu 2%, 5% sau 10% din D , debitul maxim tranzitat crește cu 6%, 12% respectiv 18%, iar pierderea de sarcină J crește cu 4%, 11% și 20%. Stavila AMIL se pretează la pante longitudinale $i < i_{cr}$.

După montaj, este obligatorie echilibrarea dispozitivului în faze (fără și cu apă în canal) pentru acordarea la condițiile particulare din amplasament.

În avalul construcției este necesară menținerea saltului hidraulic, care asigură un regim neînecat de curgere necesar funcțional.

2° Regatoare hidraulice de nivel cu comandă din aval

Indiferent de soluția constructivă și de principiu, rolul funcțional este de menținere și control automat al nivelului apei în bieful aval de amplasament, la o valoare constantă.

1/ Regulatorul de nivel aval constant de tip AVIS (T)

Regulatorul AVIS, produs la firmei Neyrpic – Franța, are rolul de a menține automat, pe principii hidraulice, planul de apă aval la o cotă determinată (cvasiconstantă), indiferent de variația debitului consumat în bieful aval, de nivelul din bieful amonte și de gradul de obturare a secțiunii canalului.

Se adoptă pentru scurgerea liberă a apei în canal.

Controlează o secțiune de formă trapezoidală îngustă față de secțiunea canalului, fără a închide complet secțiunea.

Se amplasează transversal pe direcția de curgere în secțiuni în care dintre nivelurile maxim și minim din bieful amonte ($\Delta H^n_{am,star} = NH^n_{s,av} - N^n_{d,av}$) e mai mic sau cel mult egal cu 1 m.

Se pretează la pante longitudinale $i < i_{cr}$. Regulatorul AVIS poate fi folosit și la prizele de derivație, dar numai dacă derivația are același grafic de funcționare ca și aducțiunea.

În fig. 4.10 și 4.32 se prezintă elementele componente ale regulatorului AVIS.

Replica autohtonă a regulatorului AVIS se numește „stavilă de tip T”, care diferă doar prin câteva aspecte constructive; regulatorul AVIS (T) este realizat în 20 tipodimensiuni, cu pierderi de sarcină de 1-300 cm și debite între 300-60000 l/s, existând două grupe de joasă și mare cădere, după sarcina admisă (fig. 4.33).

Tipodimensiunile sunt caracterizate de raportul r/b , iar alegerea acestora se face în funcție de:

- debitul maxim de calcul al biefului controlat ($av, n+1$) este $Q^{c,n+1}_{\max}$ rezultat din calculele de biefare;
- pierderile de sarcină admisă pentru debitul menționat este $J_{\min} = NH_{d,av(stav)} - NH_{d,av(stav)}$;
- pierderea de sarcină aferentă debitului tranzitat nul este

$$J_{\max} = NH_{s,av(stav)} - NH_{s,av(stav)},$$

iar

$$Q = Q(r/bv, J_{\min}, J_{\max}).$$

De remarcat că o bună alegere a tipodimensiunii trebuie să îndeplinească simultan următoarele condiții: nici un punct să nu se găsească la dreapta liniei frânte ce o caracterizează, $J_{\min} < 0,1$ m și $DH \leq J_{\min}$.

După montaj este obligatorie echilibrarea dispozitivului în două faze (fără și cu apă în canal) pentru acordarea la condițiile particulare din amplasament. În avalul construcției este necesară menținerea saltului hidraulic care asigură un regim neînecat de curgere imediat după obturator. Acest salt este înecat într-un bazin disipator de energie, astfel încât nivelul reglat stabilizat să fie menținut în zona flotorului stavilei. Apa este admisă în bacul flotorului printr-un filtru hidraulic cu rol important în asigurarea stabilității.

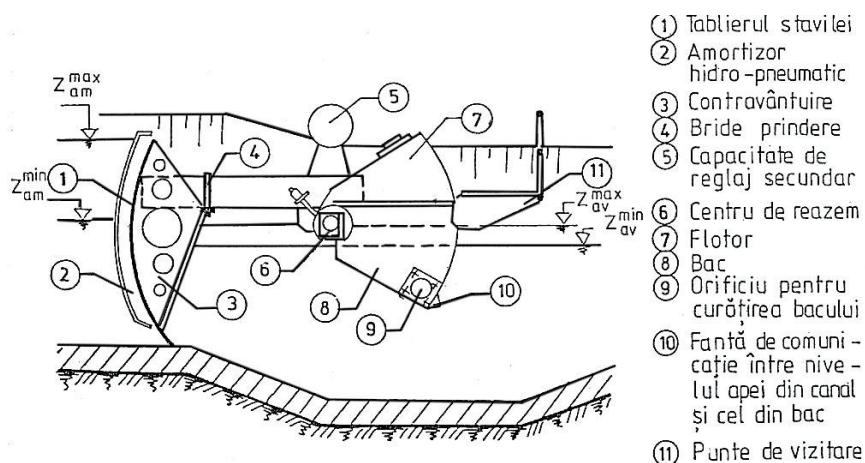


Fig. 4.32. Regulatorul AVIS (T) – elemente componente

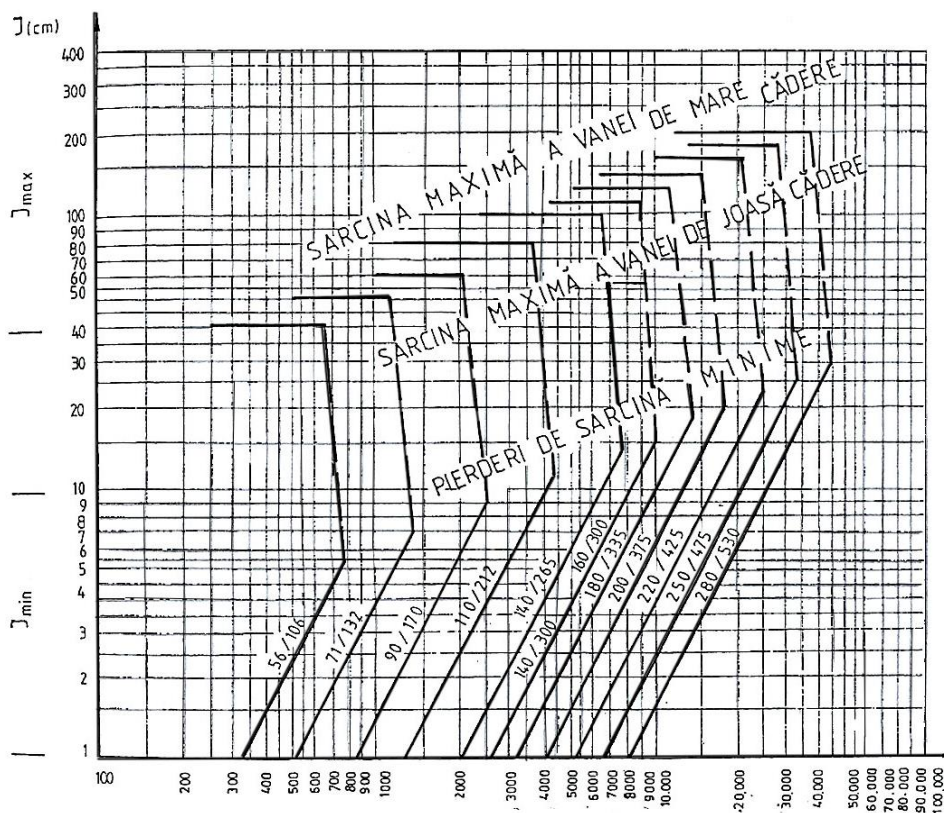


Fig. 4.33. Diagrama pierderilor de sarcină pentru regulatorul AVIS (T)

2/ Regulatorul de nivel aval constant de tip AVIO (D)

Regulatorul AVIO produs al firmei Neyrpic – Franța, este similar regulatorului AVIS, dar este amplasat la un orificiu de fund cu formă dreptunghiulară, ce funcționează sub sarcină, ecartul dintre nivelurile externe ale biefului amonte (ΔH_{am}^n , stav) având valori de peste 1 m. Pot fi folosite atât ca stavile de biefare, cât și în secțiunile de derivație (la prize gravitaționale).

În figurile 4.11 și 4.34 se prezintă elementele

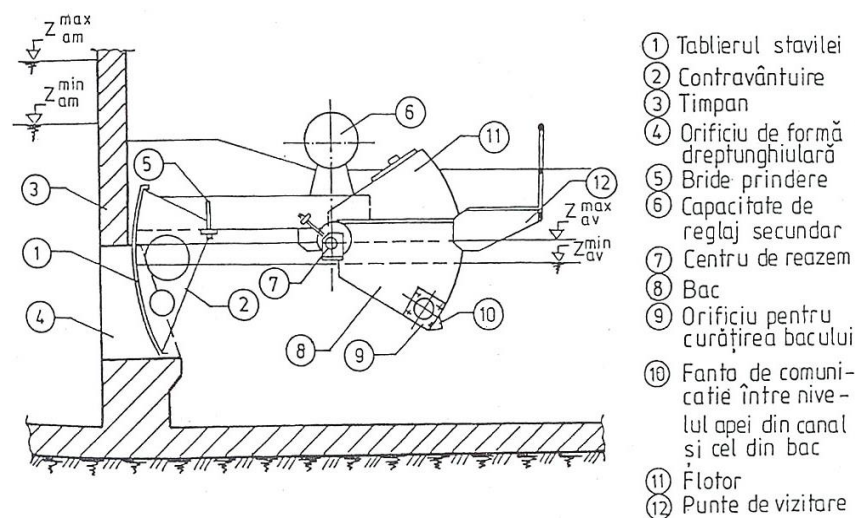


Fig. 4.34. Regulatorul AVIO (D) – elementele componente

componente ale regulatorului AVIO.

Replica autohtonă a regulatorului AVIO se numește „stavilă de tip D”, care diferă doar prin câteva aspecte constructive.

O particularitate o constituie și vana de gardă, acționată de regulă manual, utilizată pentru închiderea derivațiilor care au o funcționare mai scurtă de 24 de ore și ca dispozitiv de siguranță în caz de avarii.

Reglatoarele AVIO (D), ca de astfel și reglatoarele AVIS (T) și AMIL, se pot monta în baterii de stavilă automate, în construcții speciale despărțite prin piele.

Regulatorul este realizat în 26 modele, cu pierderi de sarcină de 1-1100 cm și debite între 20-4000 l/s.

Tipodimensiunile sunt caracterizate prin raportul r/ω , iar alegerea lor se face în funcție de

$Q^{c,n+1}_{max}$, J_{min} , J_{max} , ca și în cazul regulatorului AVIS (D), cu ajutorul diagramelor pierderilor de sarcină $Q = Q(r/\omega, J_{min}, J_{max})$, prezentate în figura 4.35.

În figura 4.36 este prezentată structura secțiunii de control a regulatorului AVIO (D).

O bună alegere a tipodimensiunii r/ω trebuie să îndeplinească următoarele condiții: nici un punct de funcționare să nu se găsească la dreapta liniei frânte ce o caracterizează:

$$\Delta H \leq J_{min}$$

unde:

$$\Delta H = (Q^{c,n+1}_{max}) / (2g\mu^2\omega^2);$$

$$\mu = 0,85 - \text{coeficient de debit.}$$

Există două grupe, de joasă și de mare cădere, după sarcina admisă.

În avalul construcției este realizat un bazin disipator pentru menținerea saltului hidraulic ce asigură un regim neîncet în zona flotorului venei.

Admisia apei în bacul flotorului se face prin filtrul hidraulic.

După montaj este obligatorie echilibrarea stavilei în două faze (fără și cu apă în canal) pentru acordarea la condițiile particulare din amplasament.

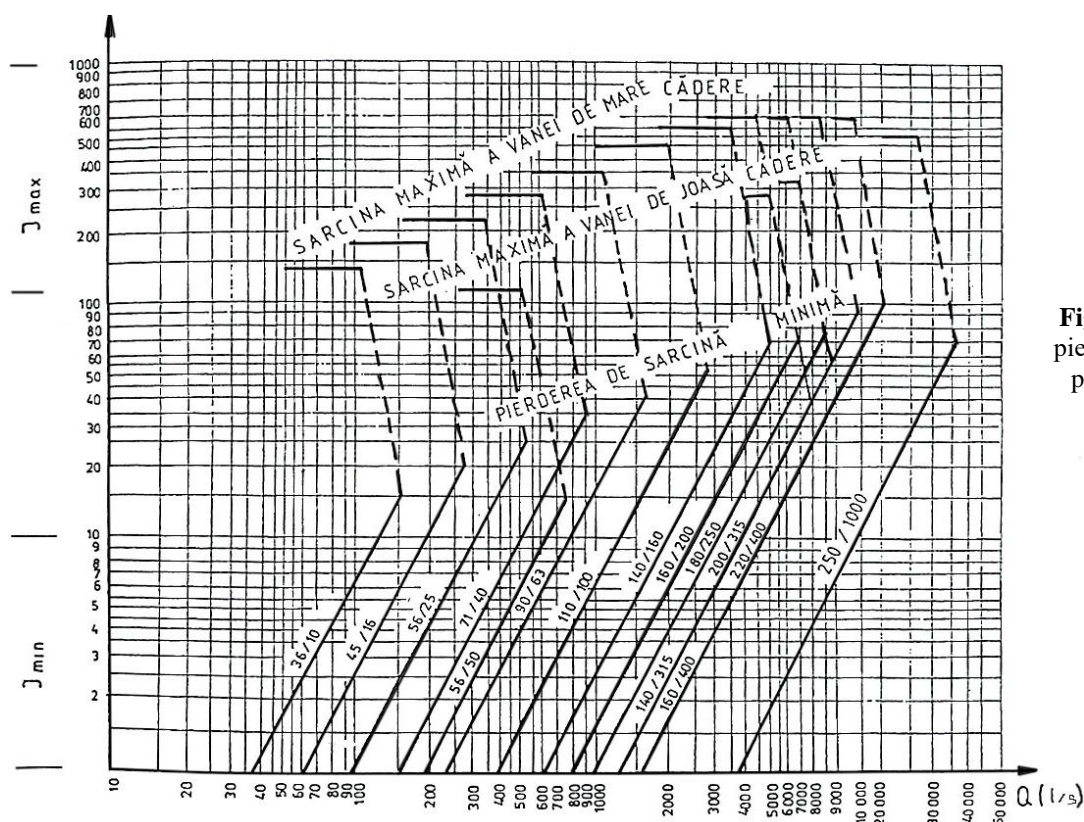


Fig. 4.35. Diagrama pierderilor de sarcină pentru regulatorul AVIO (D)

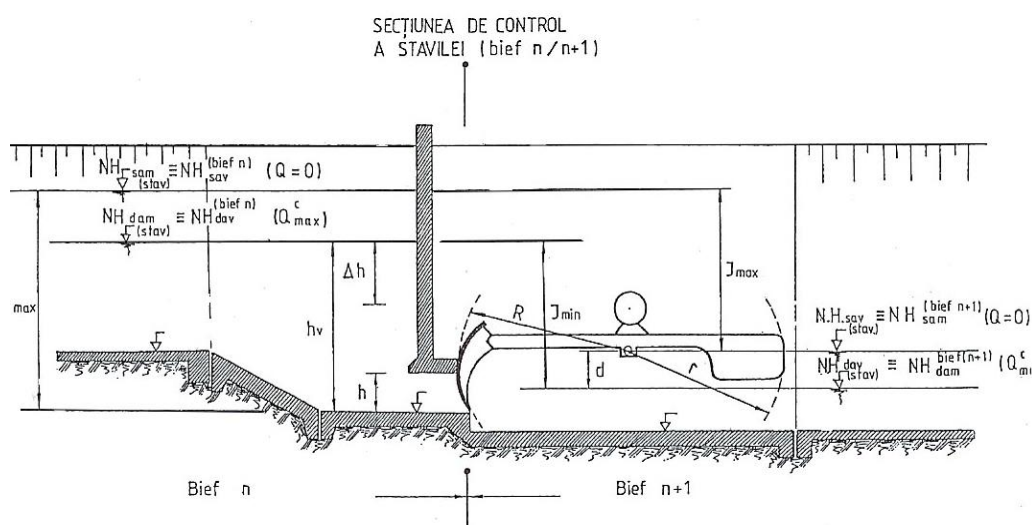


Fig. 4.36. Structura secțiunii de control a regulatorului AVIO (D)

3° Reglatoare hidraulice de nivel cu comandă mixtă

Se cunosc mai multe reglatoare cu comandă mixtă, capabile să controleze și să mențină constante nivelurile din bieful aval sau din amonte în raport cu secțiunea de amplasare pe canal.

Astfel, este cunoscut regulatorul mixt de tip Neyrpic-Franța, care reprezintă un dispozitiv eficient dar scump și foarte sofisticat; regulatorul sector Kovalenko (în diferite variante) și regulatorul RHN – 1 (Tulcea).

1/ Regulatorul de tip RHN – 1 (Tulcea)

Regulatorul RHN-1 a fost brevetat la IEELIF Tulcea și are rolul de reglare a nivelurilor din amonte/aval sau aval cu limite restrictive de nivel (maxim-minim) în bieful amonte, pentru canalele de transport și distribuție cu nivel liber.

Principiul de funcționare este diferit de al dispozitivelor prezentate până acum, fiind bazat pe modificarea volumului de

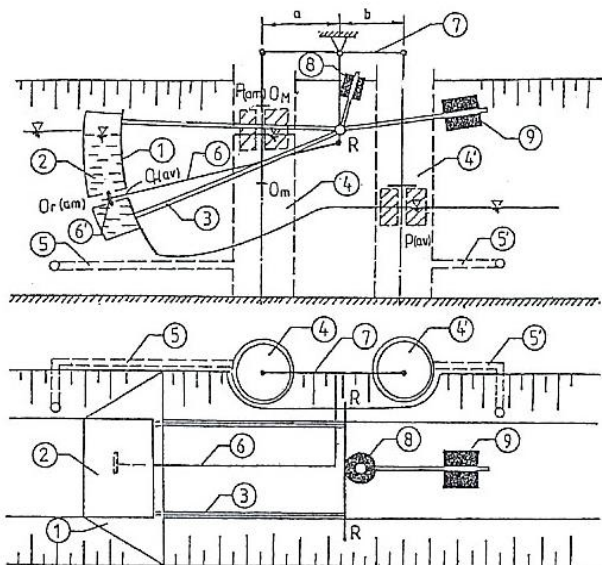
apă ce intră/iese din corpul vanei, ceea ce modifică greutatea ansamblului în funcție de mărimea unor niveluri prestabilite în aval și în amonte de secțiunea amplasamentului; ansamblul obturează astfel secțiunea canalului mai mult sau mai puțin, realizând reglajul mixt.

Practic, RHN-1 poate realiza o cumulare a rolurilor funcționale ale regloatoarelor AVIS (T), AMIL, într-o anumită măsură a regulatorului AVIO (D), realizând în plus și funcția de protecție suplimentară la deversări (la cele prevăzute cu canal de by-pass). În consecință poate îndeplini și rolurile funcționale:

a) menține și controlează automat nivelul apei în bieful aval, indiferent de variațiile de debit ale consumatorilor din bieful aval și între anumite limite (normale) ale nivelului în bieful amonte, dacă se fixează pe tija sa de culisare, la cota dorită, doar plutitorul care comunică cu bieful aval, cel din amonte lipsind sau culisând liber (nefixat) pe tija sa (fig. 4.37), unde se prezintă părțile componente. Referirea se face la un sistem de comandă hidromecanică;

b) menține și controlează automat nivelul apei în bieful amonte, indiferent de debitul consumat în bieful aval, dacă se fixează pe tija sa de culisare doar plutitorul care comunică cu bieful amonte (rigid, la cota dorită), cel din bieful aval lipsind sau culisând liber (nefixat) pe tija sa;

c) menține și controlează automat nivelul apei în bieful apei în aval și simultan nivelul apei în bieful amonte, între două limite (maxim pentru deschidere cu prioritate în vederea împiedicării deversărilor sau pentru asigurarea debitului minim tranzitat, prin închiderea cu prioritate în vederea măririi acumulării), dacă se fixează tija sa de culisare la nivelul dorit, plutitorul care comunică cu bieful aval, iar cel care comunică cu bieful din amonte culisând limitat pe tija sa între cele două niveluri menționate, nivelurile materializate prin doi opritori (limitatori de cursă) montați corespunzător pe tijă.



- (1) Tablierul stăvilii
 (2) Flotor cu orificii de comunicație în bieful amonte (O_r^{am}) și în cel aval (O_r^{av}).
 (3) Contravântuirea
 (4), (4') Camere de urmărire a nivelului apei din cele două biefuluri cu plutitori (P^{am} , P^{av}).
 (5), (5') Conducte de comunicație între camerele 4 și 4' respectiv cu biefulurile amonte și aval.
 (6), (7) Tijă cu ventil și pârghii de transmitere a comenzilor
 (8) Capacitatea de reglaj secundar
 (9) Capacitate de reglaj primar
 O_m , O_n – opritori montați pe tija de culisare ai plutitorului amonte, respectiv pentru nivelul maxim (M) și minim
 R – reazeme

Fig. 4.37. Regulatorul hidraulic mixt de niveluri RHN-1 – elementele componente

Regulatorul RHN-1 controlează de asemenea o secțiune trapezoidală modificată (îngustă) față de canal; nu se realizează închiderea etanșă a secțiunii controlate; se amplasează transversal pe axa longitudinală a canalelor de derivație în locul stăvililor AVIO (D).

Alegerea tipodimensiunii se face diferențiat în funcție de rolul care urmează să-l îndeplinească regulatorul.

Astfel, pentru menținerea și controlul nivelului în bieful aval, se consideră (v. fig. 4.38):

- debitul de calcul maxim tranzitat în bieful aval $Q_{max}^{c,n+1}$;

- pierderea de sarcină minim admisă pentru debitul maxim de calcul,

$$J_{min} = NH_{d,av}^n - NH_{d,av}^{n+1};$$

- pierderea de sarcină maxim admisă pentru debitul nul $Q = 0$, respectiv:

$$J_{max} = NH_{s,av}^n - NH_{s,av}^{n+1};$$

Pentru menținerea și controlul nivelului în bieful amonte se consideră:

- debitul de calcul maxim tranzitat spre aval $Q_{max}^{c,n+1}$;

- pierderea de sarcină corespunzătoare acestui debit, respectiv:

$$J = NH_{d,av}^n - NH_{d,av}^{n+1};$$

În condițiile în care producția de serie va trece la executarea unor tipodimensiuni similare reguletoarelor AMIL și/sau AVIS, conform unor propuneri înaintate în proiectul I.S.P.I.F. București nr 2327/1977, la alegerea tipodimensiunilor regulatorului RHN-1 se vor putea folosi diagrame ale pierderilor de sarcină asemănătoare celor din fig. 4.37, pentru $Q = Q(D, J)$ sau $Q = Q(r/bv, J_{min}, J_{max})$.

O bună alegere a tipodimensiunilor va îndeplini condițiile:

$J_d \leq J$ (în cazul $h_{am} = \text{const.}$) și $J_{min} \leq 0,1$ iar $\Delta h \leq J_{min}$ (în cazul $h_{av} = \text{const.}$)

unde:

J_d – pierderea de sarcină efectivă a regulatorului;

J – pierderea de sarcină cerută

$$(J = NH_{d,ar}^n - NH_{d,ar}^{n+1});$$

$Q_R = 1,2 - Q; R/100$; R = raza tablier; 100 = secțiune orificiu (dm^2).

2/ Regulatorul de tip RHN cu comandă mixtă, hibridă

Deoarece comanda hidraulică limitează posibilitățile de funcționare și aplicare ale regulatorului hidraulic RHN, au fost concepute și alte sisteme de comandă, pneumatică și electrică.

Din diferite cercetări rezultă că variantele hidraulice de comandă studiate au prezentat unele hibe de funcționare (în special datorate frecărilor și transmisiilor mecanice), deci alegerea trebuie să se facă cu multă

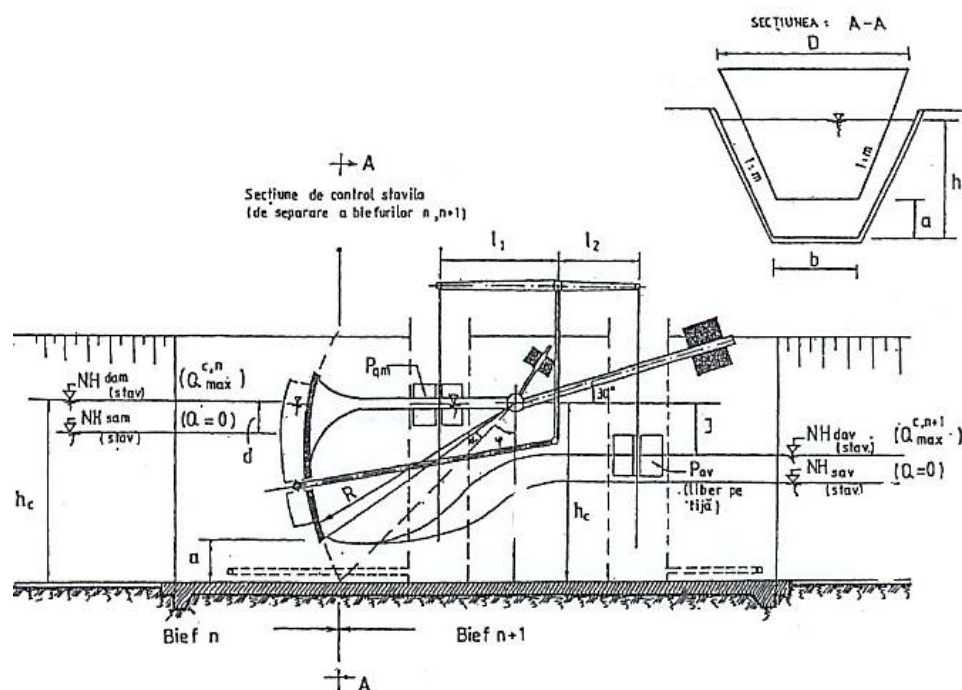


Fig. 4.38. Structura secțiunii de control a regulatorului RHN-1 (în situația funcțională – $H_{am} = \text{const}$)

atenție și printr-o informare completă.

De asemenea, nici un sistem hidraulic de comandă nu permite integrarea într-un sistem centralizat, ceea ce limitează îmbunătățirea gradului de automatizare în primul rând din motive financiare.

Sistemele pneumatice de comandă propuse în urma unor cercetări ample largesc considerabil domeniul de aplicare și măresc fiabilitatea, dar necesită o sursă pneumatică specială, incomodă și incompatibilă cu un sistem dispecerat bazat întotdeauna pe o sursă electrică.

Având în vedere cerințele integrării sistemului de comandă locală a canalului într-un sistem de reglare dinamică, cu centralizare la dispecer și existența energiei electrice în toate punctele controlate, au fost concepute și adaptate sisteme de telecomandă electrică a regulatorului hidraulic RHN.

Un astfel de sistem cu telecomandă „de la distanță” este prezentat ca schemă de principiu în fig. 4.39; acest tip de sistem poate înlocui și prelua toate funcțiile sistemului hidromecanic de comandă locală („apropiată”) – fig. 4.39 a.

Schema sistemului electric de comandă „de la distanță” ce poate by-passa sistemul hidromecanic prin intervenție de la dispecer în caz de necesitate (avarie, situații complexe de consum), în situațiile „normale” RHN fiind comandat prin sistemul hidromecanic ce este menținut, este prezentată în fig. 4.39 b. Acest sistem are avantajul unei oarecare independențe față de energia electrică, consumul fiind mai redus și poate acționa controlul chiar dacă apare căderea periodică a sistemului electric. Un sistem dublu este întotdeauna mai sigur, mai eficient și simplu.

În fig. 4.39 c este prezentată o schemă de adaptare a regulatorului RHN la comanda din aval, în cazul căderilor mari (cu sau fără MHC) și a regimului de curgere rapid pe canale, folosind comanda electrică și acționare hidraulică.

De menționat că soluțiile de comandă electrică permit o flexibilitate practic nelimitată a adaptării la orice situație funcțională rezultată în urma perfecționării, modernizării (re tehnologizării) rețelei de canale deschise și a sistemului de irigație în ansamblu.

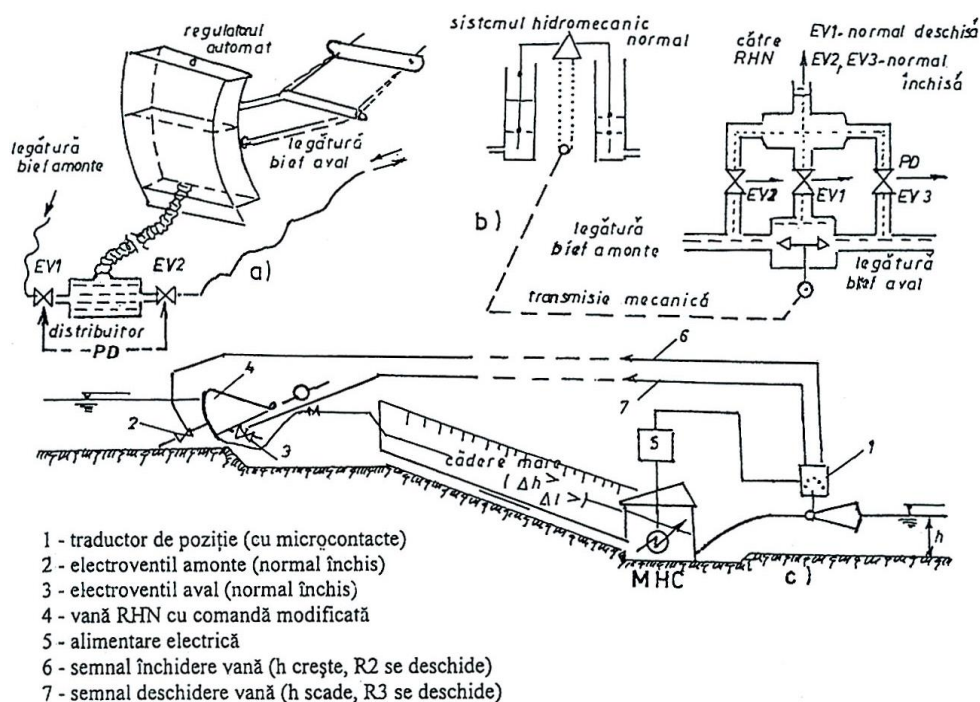


Fig. 4.39. Sisteme electrice de telecomandă a regulatorului hidraulic RHN

Concluzii privind echipamentele de control – reglare a nivelurilor și debitelor pe canale de aducțiune și distribuție

Analiza comparativă întreprinsă asupra unor regulatoare de nivel (și de debit) produse de firme consacrate sau rezultate din cercetările autohtone de specialitate, aplicate pe canalele sistemelor de irigație din țară și străinătate, au evidențiat următoarele concluzii:

1. Regulatoarele de tip AMIL, AVIS (T) și AVIO (D) au confirmat calități și performanțe incontestabile în multe sisteme aflate în exploatare de timp îndelungat;

2. În unele cazuri, din cauze datorate execuției, montajului, dar mai ales exploatarea necorespunzătoare (în special cu privire la echilibrarea aparatelor) s-a semnalat o funcționare necorespunzătoare sau scoaterea din funcțiune;

3. Sunt mari consumatoare de metal, pun unele probleme dificile la execuție și întreținere și sunt posibile de înțepenire datorită coroziunii în mediu umed;

4. Regulatoarele autohtone de tipul T și D s-au dovedit mai vulnerabile, mai puțin fiabile și cu probleme funcționale mai multe decât originalele AVIS și AVIO datorită printre altele și unor modificări constructive la proiectare;

5. Regulatorul de tip flexibil FL poate înlocui cu succes regulatorul AMIL pentru menținerea unui nivel amonte sau pentru evitarea pierderilor în aval, reținând în biefuri volume tampon minime, în plus închizând la nevoie complet secțiunea (lucrând prin deversare) și așteptându-se ușor o alimentare cu restricții, în caz de necesitate fiind fiabile pe fundul canalelor; sunt însă vulnerabile la distrugerea voită.

Sunt indicate pentru a fi folosite pe biefuri controlate de alte dispozitive, respectiv pentru adaptarea unor canale echipate aflate în exploatare, în vederea ameliorării funcționării în cazul unor cerințe având anumite variabilități;

6. Regulatorul SCP este simplu și permite o funcționare complexă – poate înlocui eficace stavila AMIL sau limitat stavila AVIS (nu simultan). În plus, poate regla și debitul constant într-un anumit domeniu. Este important faptul că este controlată o secțiune trapezoidală fără îngustări (deci fără o construcție hidro-tehnică specială) ceea ce permite și o mutare ușoară a regulatorului în orice altă secțiune de reglare. Singura problemă o constituie ancorarea regulatorului. Sunt deci indicate pentru adaptări ale canalelor echipate aflate în exploatare, prin cele mai simple intervenții;

7. Regulatorul RHN-1 poate înlocui cu succes regulatoarele AVIS (T), AVIO (D) sau AMIL, având o funcționare similară cu oricare dintre acestea, sau realizând un reglaj complex mixt de niveluri. În același timp realizează și protecția biefurilor automatizate,

desigur la un anumit nivel de securitate. Avantajele sunt nete, funcționarea mai sigură și sunt mai ieftine, deși mențin o serie de deficiențe ale reguletoarelor clasice. Pot fi folosite pentru adaptarea dispozitivelor clasice aflate pe canale în exploatare, modificările necesare fiind minime;

8. Regulatorul RHN prevăzut cu un sistem hidroelectric de comandă, permite o flexibilitate mărită și integrarea într-un sistem de telecomandă centralizată. Se lărgeste gama de aplicare la canale cu probleme și regimuri de curgere neagreate de celelalte tipuri de regulatoare practic la situații nelimitate, dar necesită linii de transmitere și de alimentare cu energie electrică.

4.2. DISPECERIZAREA ÎN IRIGAȚII. STRUCTURĂ DE MODEL PROPUȘ PENTRU DISPECERIZAREA SISTEMULUI DE IRIGAȚII CÂMPIA BUZĂULUI – C. VEST¹

INTRODUCERE

Pentru un sistem modern de irigații, cu distribuția apei la „cerere”, **Dispecerizarea** face parte din ansamblul: **Automatizare – Dispecerizare – Informatizare**, care asigură creșterea eficienței operării sistemului de irigații. Această precizare conduce la prezentarea cuplată a celor trei probleme: **Dispecerizarea**, **Informatizarea** și **Automatizarea**.

Cercetările privind informatizarea în sistemele de irigații se referă la: analizarea posibilităților de îmbunătățire a exploatarea sistemului de irigații prin *dispecerizare* și *automatizare*, cu elaborarea schemelor bloc corespunzătoare, a listelor de echipamente pentru re-tehnologizare etc. Se recomandă respectarea, pe cât posibil, a schemei clasice de organizare pe compartimente funcționale a sistemului de irigații: compartimentul de întreținere-exploatare, compartimentul de avertizare și îndrumare tehnică, compartimentul de utilaje și stații de pompare, compartimentul economico-financiar.

Ca și în cazul altor domenii, *informatizarea* sistemelor de irigații presupune un complex de activități cu specific informatic referitoare la: *culegerea*, *stocarea*, *transmisia* și *prelucrarea* informațiilor.

Aceste activități specifice au un conținut caracteristic valabil în general, dar necesită adaptări corespunzătoare caracteristicilor oferite de **obiectivul informatizat**, care este în acest caz **sistemul de irigații**, aflat în anumite condiții care influențează de asemenea

¹ Dr. ing. Tudor Viorel Blidaru.

conținutul fiecărei activități.

Produsul final al activității de informatizare este **sistemul informatic** (de proces *dispecerizare*, operativ – *conducere operativă*, de gestiune financiar – *contabilă*).

În situația existentă azi, în majoritatea sistemelor de irigații, operarea în exploatare este în întregime *manuală*. Deși prin proiectare s-au prevăzut unele echipamente de automatizare la stațiile de pompare, acestea lipsesc sau nu sunt în stare de funcționare.

Pe plan mondial, dezvoltarea explozivă a tehnologiilor informatice oferă în prezent perspectiva implementării funcțiilor clasice de **automatizare** și **dispecerizare** la un indice *preț / performanță* deosebit de avantajos, de exemplu prin sisteme informatice tip **SCADA** (*Supervisory Control and Data Acquisition*).

Rezultă deci că ansamblul preconizat – **automatizare – dispecerizare – informatizare** formează lanțul de măsuri pentru creșterea eficienței în irigații.

De exemplu, în cazul sistemului de irigații Câmpia Buzăului, sistemul de dispecerizare este ierarhizat pe 3 nivele: **PDC** (post dispecer central); **PDP** (post dispecer principal); **PDS** (post dispecer secundar).

În concluzia celor de mai sus, trebuie evidențiat faptul că dispecerizarea în sistem informatizat implică realizarea prealabilă a automatizării sistemului de irigații.

În acest sens, pentru exemplul luat în studiu – sistemul de irigații Câmpia Buzăului și plotul pilot respectiv – ca studiu de caz, tematica cuprinde în mod deosebit: un prim subcapitol care se va referi la *modelul de dispecerizare* al S.I. Câmpia Buzăului și la *modelul de informatizare* pentru distribuirea apei la „cerere”.

4.2.1. ANALIZA CRITERIILOR ȘI A CONDIȚIILOR PENTRU REALIZAREA CONTROLULUI AUTOMAT ÎN CADRUL DISPECERIZĂRII AUTOMATIZATE, LA NIVELUL SCHEMEI HIDROTEHNICE C. VEST

1° Structura modelului propus

Prin modelul propus, aplicarea principiilor de **automatizare și dispecerizare** se realizează cu ajutorul

tehnologiilor moderne de informatizare și informatizare de proces, prin care gestionarea consumurilor de apă se face respectând corelația dintre condițiile impuse în fiecare secțiune de consum și posibilitățile reale oferite de sursa de apă, funcție de ansamblul situațiilor posibile în condiții optime, normale, cât și de restricții diverse.

Principiul de corelare ține seama – îndeosebi în cazul resurselor reduse – de calitatea consumatorilor, stabilită prin ordinea de prioritate, iar pentru maximizarea flexibilității și siguranței exploatarei, stabilește o dirijare dinamică a sistemului, corespunzător cu starea globală a balanței disponibilități/cerințe pe ansamblul amenajării, pe secvențe de timp.

Programul de gestionare global și dinamic permite conlucrarea biefurilor adiacente, pentru asigurarea compensărilor în vederea efectuării corecțiilor, ca și prognoza dinamicii sistemului în vederea optimizării distribuției, cu considerarea aspectelor de eficiență economică.

Sistemul de automatizare adoptat pe biefuri și la punctele de consum este subordonat, din punctul de vedere al soluției și echipamentelor, acestui principiu de gestionare a apei.

Sistemul de dispecerizare poate fi ierarhizat pe 3 nivele, cuprinzând (fig. 4.40 și 4.41):

- *postul dispecer central (PDC)*, cu rol de coordonare globală, prevăzut a se amplasa în cadrul sediului de sistem Buzău Vest;
- *3 posturi dispecer principale (PDP)*, interconectate informațional, cu rol de coordonare operativă pe zonele subordonate, din care două pentru suprafața aferentă județului Buzău, respectiv unul în cadrul sediului de sistem Buzău Est pentru suprafața deservită

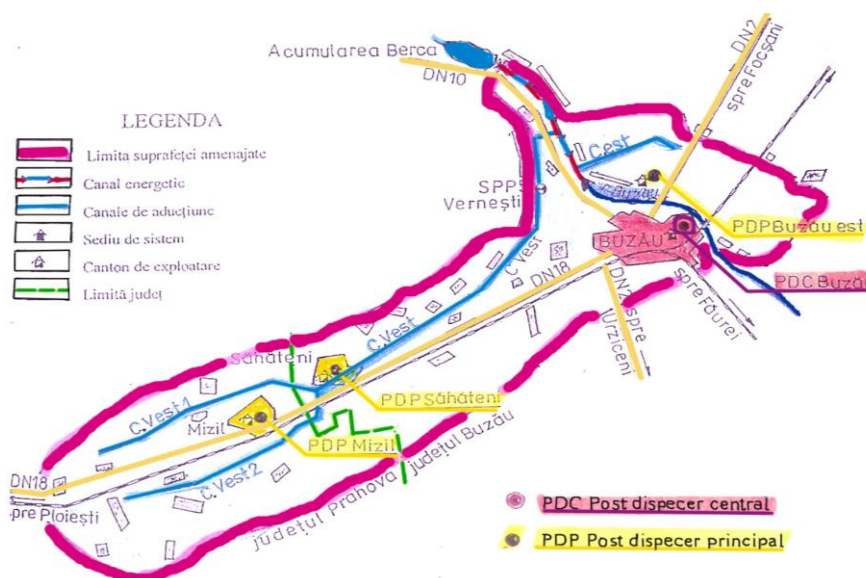


Fig. 4.40. Schema de amplasare a rețelei de dispecerizare în sistemul de irigații Câmpia Buzăului – C. Vest (propunere)

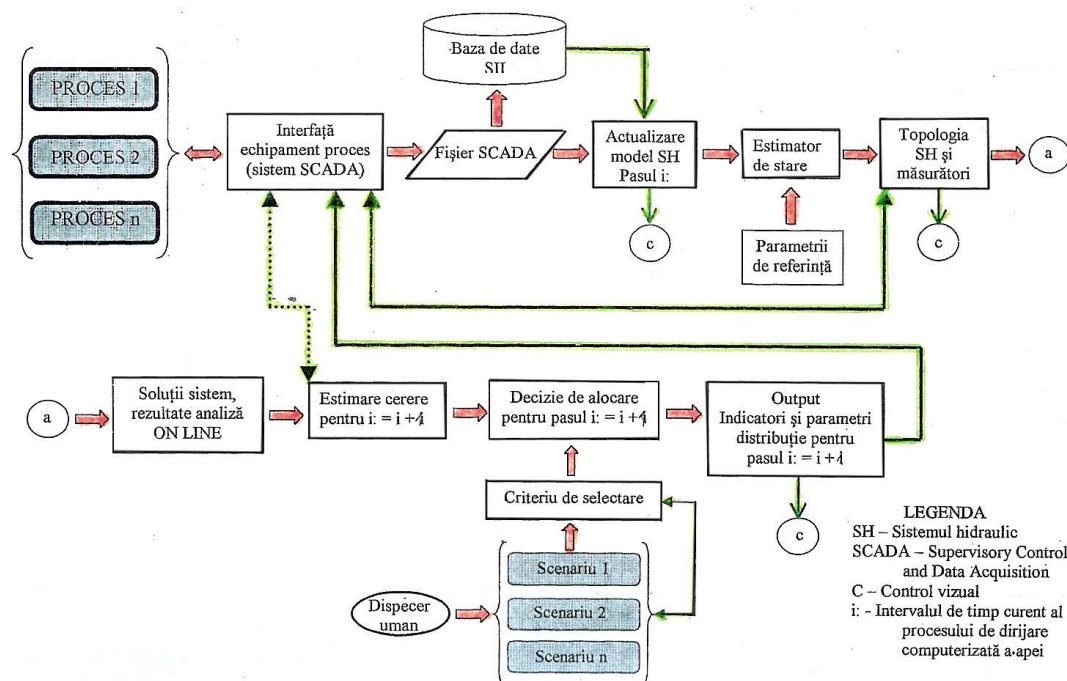


Fig. 4.41. Schema bloc a elaborării deciziei pentru pasul i : în cadrul soluției de dispecerizare dinamică propusă pentru C. Vest

de canalul C. Est și celălalt în cadrul cantonului Săhăteni pentru suprafața deservită de canalul C. Vest; pentru suprafața aferentă județului Prahova, se prevede amplasarea celui de al treilea PDP în cadrul cantonului de exploatare Mizil;

- *posturi dispecer secundare (PDS)*, amplasate la nivelul stațiilor de pompare existente și al stăvilor automatizate (electric), propuse a se realiza.

Centrele din cadrul rețelei de dispecerizare sunt prevăzute a fi interconectate printr-un sistem de radiocomunicații, în scopul asigurării transferului operativ de informații.

Plecând de la lucrările de automatizare existente, inclusiv ale reguletoarelor hidraulice de nivel constant, se prevede completarea acestora cu un sistem electric de reglare și control al apei în rețeaua de canale. În acest caz sistemul hidraulic cu comandă din aval asigură un reglaj local al nivelurilor pe biefuri pe perioade de funcționare normală, sistemul electric preluând controlul în situațiile de funcționare cu restricții, pentru introducerea corecțiilor ori de câte ori este necesar. Intervenția sistemului electric are rolul de a aduce funcționalitatea canalelor de aducțiune cât mai aproape de optim. Se poate adopta de exemplu soluția de automatizare tip **BIVAL**.

2° Structură de echipamente pentru realizarea funcțiunilor dispecerizării

Echipamentele de calcul ce vor realiza conducerea de proces vor fi conectate în sistem on-line la ni-

velul ierarhic superior, la nivelurile subordonate adoptându-se, după caz, conectări diverse (on-line, in-line, off-line). Software-ul corespunzător conducerii de proces va trebui să satisfacă specificațiile pachetelor de programe de tip **SCADA** (*Supervisory Control and Data Acquisition*); în plus se prevede utilizarea unui soft dedicat pentru *proгноza și optimizarea gestionării apei*. Funcțiunile clasice de **dispecerizare** (teletransmisie, telecontrol, telesemnalizare, telecomandă și telereglaaj) urmează a se imple-

menta cu ajutorul tehnologiilor moderne disponibile din domeniul informatizării de proces.

Astfel la nivelul **Posturilor Dispecer Secundare** (posturi satelit), **dispecerizarea** va fi organizată în jurul unui automat programabil, diferențiat pentru stațiile de pompare și stavilele automatizate electrice. Pentru **stațiile de pompare**, în baza informației de proces, culese în timp real, automatul programabil va realiza gestiunea funcționării stației, controlul îndeplinirii sarcinilor planificate, avertizarea și alarma în situații deosebite, opțional, putând realiza funcțiuni evoluate de diagnostic al echipamentelor controlate. Pentru **stavilele acționate electric**, sub controlul **programului monitor**, automatul programabil va supraveghea parametrii procesului și va emite comenzile de execuție corespunzătoare.

Echipamentele amplasate la nivelul posturilor dispecer locale vor trebui să permită operarea în condiții diverse: cu control local, cu operare manuală sau cu o comandă de la distanță (remote control), în funcție de situațiile concrete de exploatare.

Funcțiunile de dispecerizare la nivelul **Postului Dispecer Principal** se vor implementa cu ajutorul unor echipamente din gama PC AT, care vor realiza:

- interogarea ciclică a posturilor satelite în baza protocolului de comunicații prestabilit;
- prezentarea numerică și grafică pe monitor a situației sinoptice, punctual (pentru fiecare post satelit în parte) și global (pentru întreaga zonă de competență);

- asigurarea controlului și supervizarea execuției sarcinilor stabilite prin programul de activitate valabil pe intervalul de timp curent;

- generarea operativă a mesajelor de avertizare și a alarmelor, pe monitor și pe imprimanta aferentă sistemului de calcul, cu semnalarea imediată a operatorului uman asupra apariției acestei situații;

- stocarea datelor de proces primite din teritoriu în baza de date proprie, în scopul realizării ulterioare de statistici, diagnoze, optimizări etc. fundamentate pe date reale;

- realizarea comunicației bidirecționale cu dispecerii subordonați și cu **Postul Dispecer Central**, în scop de informare, control și intervenție operativă în teren.

La nivelul **Postului Dispecer Central**, pe baza unei structuri de echipamente de calcul interconectate într-o rețea locală de tip LAN, se vor realiza (v. fig. 4.41):

- controlul și supervizarea globală a întregului sistem C. Vest;

- prezentarea, în timp real, a datelor sinoptice locale și globale, sub formă numerică și grafică, pe monitor și pe monitorul general;

- stocarea datelor de proces și a sinopticelor;

- gestionarea alarmelor;

- prelucrări complexe de date în scop de conducere operativă, prognoză și diagnoză;

- editarea de rapoarte, jurnale, curbe, tabele, periodic și ori de câte ori este necesar.

3° Criterii avute în vedere la fixarea soluției de control automat în cadrul dispecerizării informatizate la nivelul rețelei de aducțiune – distribuție. Exemplu – canalul C. Vest

Completarea și finalizarea analizei întreprinse în scopul stabilirii variantelor de control automat ce urmează a se adapta în sistemul **Câmpia Buzăului** va avea în vedere:

- cerințele actuale și estimate, exprimate cantitativ și calitativ, ale beneficiarilor schemei hidrotehnice axate pe canalul C. Vest, inclusiv dinamica (variația în timp) a acestora;

- restricțiile de prelevare la nivelul prizelor de captare, exprimate cantitativ și calitativ și dinamica acestora;

- alte restricții constructive, tehnice și de exploatare ce influențează eficiența raportului disponibilității/cerințe și dinamica acestui raport, inclusiv condiționările energetice – perioade de tarifară redusă a energiei electrice, corelarea funcționării U.H.E. cu distribuția apei pentru irigații.

Aceste cerințe și restricții trebuie evaluate în scopul realizării unor variante de *plan de operare* (fig.

4.42) la nivelul canalului **C. Vest**, plan a cărui urmărire (monitorizare) și execuție, inclusiv controlul automat, reprezintă controlul operațional al dispecerizării în sistem informatizat. Soluția adoptată urmărește, de asemenea, controlul volumelor de apă stocate în biefuri, respectiv reglarea debitelor în limitele și condițiile stabilite prin planul de operare. Analiza urmărește să evidențieze și condițiile impuse de funcționalitatea canalului **C. Vest**, în sensul capacității acestuia de a răspunde la schimbările bruște ale cerințelor, precum și limitările fizice caracteristice condițiilor de funcționare normală, anormală sau în situații de avarie.

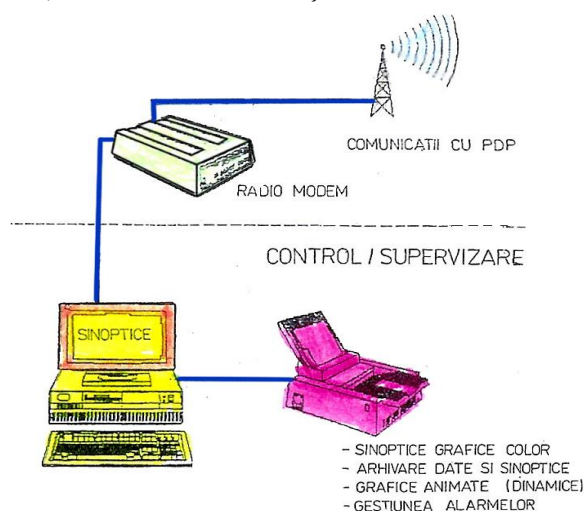


Fig. 4.42. Postul Dispecer Central – Schema de principiu a echipării

Elementele caracteristice semnificative în acest cadru sunt:

- variațiile de nivel al apei în biefuri – valori minime, maxime, critice, viteză de variație – cu evidențierea factorilor tehnologici și de exploatare ce influențează această mărime, inclusiv starea căptușelilor canalului;

- reglarea debitelor, cu evidențierea capacităților de stocare (volume de apă) în biefuri, inclusiv parametri semnificativi, precum timpul de stocare al volumului maxim admisibil etc.;

- efectele prelevărilor laterale, inclusiv ale stațiilor de repompare, cu evidențierea efectelor acestora asupra variației volumelor și debitelor din biefurile corespunzătoare;

- planificarea funcționării stațiilor de pompare, respectiv a utilizării energiei electrice la nivelul acestora și includerea acestei planificări în **planul de operare** al canalului, pentru a preveni pe cât posibil, cheltuielile suplimentare.

Stabilirea variantelor de operare în sistem computerizat va avea în vedere soluționarea optimă a problemelor concrete ridicate de controlul distribuției apei în sistem. Astfel, o prelevare laterală poate necesita un

controller automat pentru menținerea unui debit constant, în situația că nivelul pe bieful principal are o variație frecventă; această situație necesită ajustarea automată a stăvilii amplasate pe canalul principal, reglarea punctului de funcționare al acesteia fiind parte componentă a derulării planului de operare ce se va stabili zilnic, în baza condițiilor concrete de exploatare.

Alegerea metodei concrete de control automat îmbunătățit al canalului *C. Vest* se poate face în una din variantele:

- **Controlul automat local**, respectiv, amplasarea echipamentului de automatizare la nivelul structurilor de control (stăvile, vane); echipamentul va executa automat algoritmi de control în baza informațiilor culese local de traductorii aferenți. Această soluție este aplicabilă atunci când este necesar să se regleze în mod frecvent structura de control. Adoptarea soluției este condiționată și de următoarele aspecte:

- 1) dacă variația de nivel pe bieful adiacent prelevării automatizate este relativ lentă și cerințele totale momentane pe bief au o fluctuație relativ rapidă, pot exista disfuncționalități, respectiv întreruperi ale livrării apei către unul sau mai mulți beneficiari;

- 2) dacă în aval de punctul de prelevare din canalul principal capacitatea de stocare este redusă, este posibil să nu se poată realiza concordarea cererii cu disponibilul momentan de apă.

- **Controlul automat centralizat** permite dispecerului (**PDP**) să comande la distanță structurile de control; datele operative fiind colectate de la senzorii amplasați în punctele caracteristice din sistemul *C. Vest*; datele se vor prezenta într-un format corespunzător necesităților de analiză ale dispecerului. Controlul centralizat este adecvat pentru sisteme complexe, care necesită prognoză și optimizarea operării. Avantajele acestui tip de control se referă la:

- 1) posibilitatea urmăririi eficiente a funcționării sistemului, inclusiv a detectării operative a avariilor și stabilirii în timp util a măsurilor necesare;

- 2) o caracteristică de răspuns bună, datorită posibilităților de comandă simultană a mai multor structuri de control. Dezavantajele acestei structuri se referă la costurile inițiale (investiția în tehnologie performantă) și la necesitățile de personal specializat.

- **Controlul combinat (mixt)**, reprezintă o combinație între cele două metode prezentate anterior, în funcție de caracteristicile operative globale ale sistemului dispecerizat. Avantajele acestei metode rezultă din combinarea controlului local atunci când acesta este combinat cu controlul centralizat.

Studiile necesare pentru stabilirea diferitelor situații de funcționare ale canalului *C. Vest* au în vedere:

- 1) modelarea matematică, respectiv simularea computerizată pentru evaluarea metodei de control

adoptat și a metodelor de operare pentru diferite condiții hidraulice;

- 2) alegerea judicioasă a parametrilor pentru automatizări locale;

- 3) elaborarea unor strategii de control adecvate, respectiv a unor proceduri de operare pentru efectuarea prelevării în afara vârfurilor de sarcină, funcționarea în condiții anormale, avarii etc.;

- 4) evaluarea comparativă a performanțelor sistemului actual cu sistemul îmbunătățit prin dispecerizare informatizată;

- 5) evaluarea variantelor alternative de prelevare, respectiv testarea efectelor variației cererilor asupra operării globale a canalului;

- 6) realizarea unor modele matematice pentru predicția disponibilităților și a cererilor și optimizarea planului de operare globală a canalului;

- **Schema bloc funcțională** pentru a asista informatizată (sistem on-line) a elaborării secvențiale a deciziilor de alocare a apei propuse pentru canalul *C. Vest* este prezentată în fig. 4.41.

4.2.2. ANALIZA CRITERIILOR ȘI A CONDIȚIILOR PENTRU REALIZAREA CONTROLULUI AUTOMAT ÎN CADRUL DISPECERIZĂRII INFORMATIZATE LA NIVELUL PLOTULUI. EXEMPLU, PLOTUL-PILOT „SPP7-VERNEȘTI”

De mare importanță în stabilirea soluțiilor de reabilitare, inclusiv a celor de automatizare-dispecerizare la nivelul ploturilor de irigații, este participarea largă a deținătorilor de teren și în special a fermierilor individuali. În acest sens se prevede realizarea în primă etapă a unui **câmp demonstrativ-pilot** cu sprijinirea grupurilor de deținători individuali de teren rezultați ca urmare a aplicării Legii fondului funciar nr. 18/1991 și a apariției noilor structuri organizatorice și administrative.

Prin plotul demonstrativ-pilot, se vor informa deținătorii de teren și în special proprietarii individuali asupra efectelor benefice obținute ca urmare a aplicării irigațiilor în noile condiții tehnice, instituționale și funciare și cointerесarea acestora în realizarea în viitor a unor astfel de lucrări, parte din fonduri proprii.

În același timp, se vor stabili soluții viabile de reabilitare a lucrărilor la nivelul amenajărilor interioare de irigații, care vor putea fi extrapolate pe celelalte suprafețe ale amenajării *Câmpia Buzăului* sau alte amenajări cu condiții tehnico-economice asemănătoare din țară.

Funcție de condițiile locale specifice și de interesul manifestat în aplicarea irigațiilor de deținătorii de

teren, se propune amplasarea plotului demonstrativ-pilot pe suprafața de 700 ha aferentă actualului plot, din zona Zorești-Vernești, alimentat cu apă din canalul de aducțiune C. Vest prin intermediul stației de punere sub presiune SPP7 (fig. 4.43).

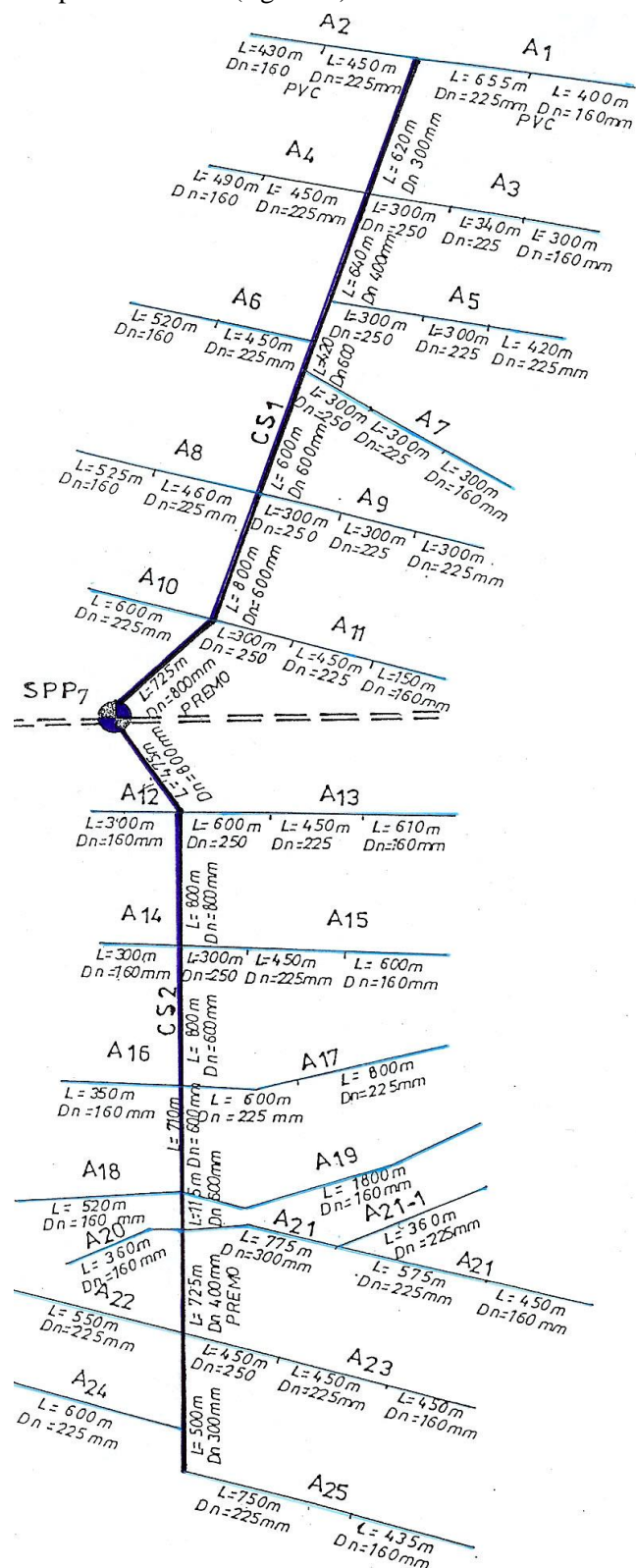


Fig. 4.43. Schema plotului „SPP7 Vernești”, cu tronsoanele rețelei actuale

Suprafața plotului demonstrativ-pilot cuprinde în totalitate terenuri proprietate privată deținute de proprietarii individuali, parte organizați în asociații, fiind amenajată pentru irigații cu udare bivalentă (brazde și aspersiune). Este situată la cca. 5 km nord vest de municipiul Buzău și prezintă un acces facil în zonă, fiind limitrofă drumului județean DJ 203.

Adaptarea amenajării pentru irigații la noile condiții ale agriculturii private cu economie de piață conduce la o serie de probleme ale Sectorului de Îmbunătățiri Funciare, în privința rețehnologizării marilor sisteme de irigații.

Aceste amenajări sunt de tip compact, cu ploturi foarte mari, cu suprafețe de cca. 1000-2000 ha și chiar mai mult; cu distribuția apei prin „rotație” și numai în scop de irigații, prin antene ce au o distribuție uniformă (fig. 4.44 – exemplu de tip de plot actual). Acestea au fost realizate până în 1988 în agricultura mare (de stat și cooperatistă).

În agricultura privată, fermierul și chiar asociația de fermieri dorește să aibă acces la apă într-un sistem cât mai elastic, pe cât posibil la „cerere”.

Structura ploturilor, cu suprafețe mari, cu o schemă hidrotehnică ce prezintă dificultăți în distribuția și contorizarea apei, reclamă o rețehnologizare de proporții, cu eforturi tehnice și financiare deosebite. Ploturile trebuie restructurate și aduse la suprafețe „economice”, cu priza de apă la îndemâna fermierului.

Exploatarea, în aceste condiții, va implica *dispecerizarea în sistem informatizat*.

Tipul de *plot economic* se definește printr-o serie de criterii, primele două fiind *forma* și *mărimea*. De cele mai multe ori forma poate fi impusă, ca de exemplu în situațiile rezultate prin aplicarea Legii fondului funciar (nr. 18 /1991), putându-se diferenția, față de rețeaua existentă:

- cu amplasarea utilizatorilor (fermierilor) de o parte și de alta a unei antene;
- cu distribuția parcelor între antene; în această situație asigurarea apei la parcelele fermierilor se poate face suplimentând rețeaua de conducte sub presiune între antene; bornele de irigare vor asigura prin reglare debitul și presiunea necesară fiecărui utilizator;
- un caz aparte este reprezentat de problema integrării satului din punct de vedere al sursei de apă, în funcționalitatea sistemului de irigații; sistemul trebuie dimensionat și echipat pentru distribuția apei la „cerere”, în tot timpul anului și pentru cerințe complexe (irigații, alimentarea cu apă, tratamente anticriptogamice, îngrășăminte, protecție antigel protecția mediului).
- într-un asemenea caz, rețeaua de aducțiune și distribuție aflându-se sub sarcină. Asigură apa la „cerere” în diverse soluții;

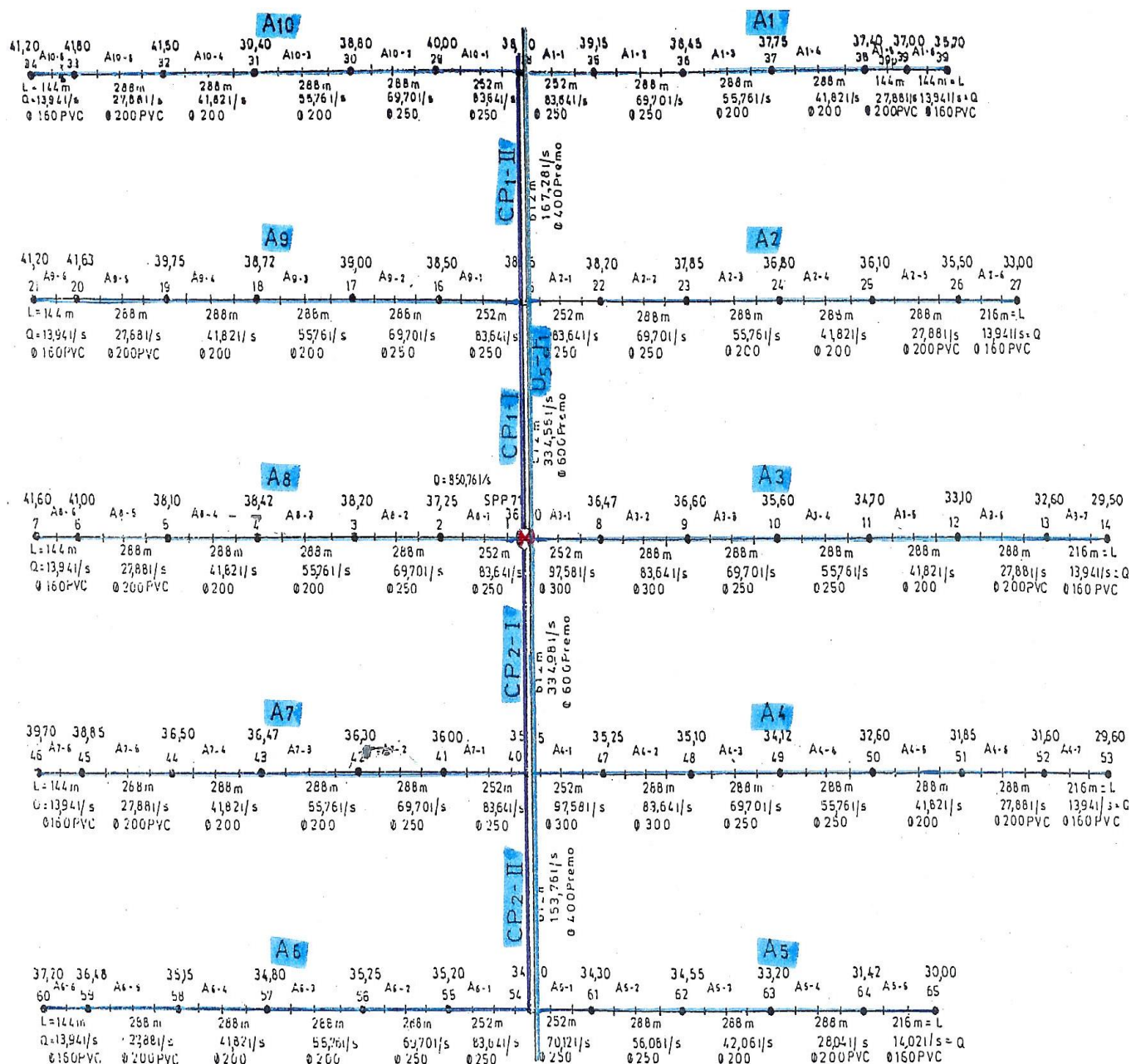


Fig. 4.44. Tip de plot actual (exemplu)

- cu menținerea actualelor ploturi; în cazul unor ferme mari, dar cu intervenții pentru creșterea eficienței acestora (cu privire la echipamentele de irigare performante, precum și amendări în distribuția apei).

Această prezentare sumară a diverselor forme și condiții de scheme hidrotehnice de plot trebuie completată cu analiza destinată optimizării dimensionării plotului.

Variantele concrete alese, din multitudinea celor posibile, au drept criteriu de comparație indicatorul complex care reflectă eficiența economică în funcție de investiție și cheltuielile de exploatare (inclusiv costul apei).

1° Centrul informațional al plotului demonstrativ-pilot¹

Dispecerizarea în cadrul sistemelor de irigații poate prezenta caracteristici diferite, în funcție de extensiunea spațială (dimensiunea teritoriului deservit), caracteristicile schemei hidrotehnice, complexitatea structurală (tipuri de funcțiuni realizate) și complexitatea tehnologică (generație tehnologică, algoritmi implementați etc.).

Soluțiile moderne de *dispecerizare*, condiționate de evoluția tehnologiilor informatice actuale, sunt re-

¹ Dr. ing. Tudor Viorel Blidaru

prezentate de sistemele specializate de tip SCADA. În cadrul acestor sisteme organizate, în genere, în jurul unui calculator de proces sau automat programabil, funcțiunile dispecerizării clasice sunt reconsiderate din punct de vedere tehnologic, al complexității și distribuției spațiale. În conformitate cu cele de mai sus, *funcțiunile principale ale automatizării / informatizării de proces în cadrul amenajării pentru irigații* se pot sintetiza prin:

- achiziția de date și comandă;
- prelucrarea de date;
- comunicația de date.

Informatizarea de proces în cadrul plotului demonstrativ (pilot) va asigura suportul pentru implementarea de software specializat cu următoarele caracteristici:

- prezentarea sinoptică, pe monitorul calculatorului (și pe panoul sinoptic), a variabilelor de stare și de alarmă pentru ansamblul obiectivelor automatizate;
- implementarea unor algoritmi complecși de control automat;
- urmărirea și memorarea trendului parametrilor tehnologici și hidraulici;
- generarea de rapoarte și listarea acestora la imprimantă;
- rularea unor algoritmi pentru optimizarea funcțională, într-un moment premergător lansării comenzilor de execuție în sistem (facilități de simulare);
- posibilități de intervenție manuală sau de comutare a controlului manual/automat/ de la distanță (remote);
- facilități de modificare (dezvoltare) a diagramei sinoptice și a algoritmilor de control pentru a se include semnale de intrare suplimentare, de exemplu, de la rețeaua de umidometre amplasate în teren.

Baza de date propusă urmează să soluționeze următoarele cerințe:

- *Stocarea informațiilor* (parametrii tehnico-funcționali) *referitoare la funcționarea schemei hidro-tehnice* aferente plotului deservit de stația de punere sub presiune SPP, respectiv:

- date de bază obținute de la aparatura hidro-metrică existentă în sistem;
 - alte informații, referitoare la dinamica parametrilor meteo-climatici și culturali, de exemplu datele meteo precipitații măsurate local, măsurătorile privind umiditatea solului etc.;
 - date privitoare la funcționarea stației și a rețelei de transport a apei – parametrii caracteristici – presiuni, debite, volume distribuite, ore de funcționare, întreruperi clasificate pe cauze – revizii, avarii etc.
- *Alte informații*, referitoare la materiale, piese de schimb, operații efectuate în sistem etc.

2° Schema fluxului informațional în cadrul plotului demonstrativ

Destinatarul final al informațiilor din teritoriu este **baza de date a Centrului informațional**, unde se centralizează ansamblul informațiilor necesare procesului de planificare operativă în cadrul plotului reprezentativ. Fluxul de date prevăzut are două componente principale:

- componenta de proces (de timp real), respectiv datele pentru comanda și controlul echipamentelor în sistem dispecerizat, ce are un traseu dirijat în sensul: traductor – unitate de prelucrare (CPU) – element de execuție;
- componenta software propriu-zisă, în cadrul căreia ansamblul informațiilor utile (inclusiv cele rezultate din componenta de proces) sunt stocate la nivelul bazei a plotului reprezentativ sau/și a sistemului de irigații, urmând a fi folosite în cadrul unor aplicații (programe calculator) în scopuri operative și/sau economic-financiare.

Structura generală de date a **Centrului informativ** include următoarele entități (baze de date):

• **baza de date CARACTERISTICI**, ce conține informația referitoare la elementele schemei hidro-tehnice, echipamentele de udare, datele pedologice, caracteristicile culturilor agricole, structura de proprietate;

• **baza de date PLAN**, cuprinzând informațiile necesare planificării activităților în sistem, respectând graficele de funcționare ale stațiilor de pompare, programul de funcționare al rețelei de transport al apei, programul de udare pe termen scurt, planificarea operațiilor de întreținere și reparații pentru stații, echipamente, canale și conducte;

• **baza de date REGIM**, ce conține elemente informative necesare urmăririi activităților operative din sistem, în principal cele referitoare la debitele și volumele tranzitare de stațiile de pompare și prin rețeaua de transport, regimul meteoroclimatic, regimul de lucru al echipamentelor de udare, regimul de funcționare al stațiilor, dezvoltarea culturilor. Spre deosebire de celelalte baze de date, aceasta este o bază on-line, conectată la procesele tehnologice controlate în cadrul dispecerizării computerizate;

• **baza de date INDICATORI**, conținând elemente informative necesare calcului indicilor de performanță tehnico-economică ai plotului reprezentativ. Este alcătuită în baza datelor (istoric) provenite din baza de date REGIM, respectiv din prelucrări specifice pentru determinarea indicilor monitorizați.

O problemă esențială în cadrul realizării programelor de calculator (software) de bază în cadrul **Centrului Informațional** destinat deservirii plotului pilot

este aceea a *modelării matematice* adoptate pentru realizarea procedurilor de calcul specifice. Stabilirea și adecvarea celor mai potrivite modele sunt prioritare în fază de analiză de sistem și condiționează în mod esențial succesul implementării sistemului informatic. Astfel, în cadrul modelelor de distribuție a apei, în funcție de necesitățile specifice la nivelul plotului de irigații, se au în vedere:

- **modele ale managementului resurselor de apă;** aceste modele trebuie să răspundă cerințelor legate de problemele gestiunii integrate a sarcinilor ce revin managerilor sistemelor de irigații;

- **modele de optimizare;** în funcție de obiectivele adoptate, se pot adopta diferite modele de optimizare; pentru optimizarea utilizării apei și a alocării în funcție de tehnica de udare, parametrii agricoli și programe de udare, se pot adopta modele de optimizare bazate pe programarea liniară; pentru optimizarea apei distribuite în cadrul suprafețelor irigate sunt necesare modele ce includ relația de bilanț hidric.

Astfel, pentru ameliorarea funcționării sistemului tehnologic de deservire a plotului de irigații sunt necesare modele hidraulice, precum și modele pentru alocarea resurselor de apă.

Pentru realizarea unor modele de funcționare optimizată a rețelei de conducte sub presiune aferente plotului pilot, la nivelul **Centrului Informațional** se poate rula programul pentru calculul hidraulic al funcționării rețelei ca **simulator**, în sensul că pentru diferite configurații de lucru ale rețelei de conducte sub presiune (numai anumite tronsoane active la un moment dat), rezultă o anumită configurare a agregatelor active la nivelul SPP; rezultă, de asemenea, „*configurația optimă pentru o cerere dată*” (varianțe analizate în rulări consecutive ale programului, prin modificarea seturilor de date inițiale).

Implementarea de software bazată pe utilizarea unor tipuri de modele trebuie să țină cont de o serie de factori:

- obiectivele modelelor, cu stabilirea, în etapa de analiză, a cerințelor concrete ale beneficiarilor sistemului informatic;

- selectarea modelelor celor mai adecvate obiectivelor stabilite în faza de analiză a sistemului;

- costurile implicate, referitoare la cheltuielile inițiale, inclusiv hardware-ul cerințelor de date, costul instruirii, costul prelucrării datelor, suportul și asistența tehnică corespunzătoare;

- cerințele de timp și costurile asociate pentru calibrarea modelelor, testarea, depanarea și perfecționarea programelor de calculator etc., simularea rulării cu date concrete din teren;

- cerințele specifice privitoare la interferența cu utilizatorul;

- cerințele de infrastructură, comunicații, școlarizare a personalului etc.;

- aspecte instituționale și de transfer tehnologic.

4.2.3. STRUCTURA EXPLOATĂRII ÎN REGIM DISPECERIZAT A SCHEMEI HIDROTEHNICE DIN SISTEMUL DE IRIGAȚII CÂMPIA BUZĂULUI

1° Gestiunea apei

Sistemul de irigații Câmpia Buzăului deține suprafețe irigate pe teritoriul a *două județe limitrofe* și anume Buzău și Prahova, ceea ce pune unele probleme administrative.

Sursa și priza de apă se află pe teritoriul județului Buzău, ceea ce impune ca **gestiunea apei** și respectiv *programul de planificare a utilizării apei* să fie coordonat din secțiunea frontală a canalului de aducțiune **C. Vest**, respectiv din județul Buzău (fig. 4.45, vezi și fig. 4.40).

În aceste condiții, teritoriul aferent județului Prahova va fi subordonat din punct de vedere al gestiunii apei județului Buzău.

Această constatare este susținută și de existența celor *două sedii de exploatare*, unul corespunzător *întreprinderii de specialitate* aflată în municipiul Buzău și altul corespunzător *sistemului de exploatare* aflat în localitatea Mizil (jud. Prahova).

De aici rezultă o **primă concluzie**, și anume că *rețeaua de dispecerizare va trebui să deservească două subsisteme de gestiune*, fiecare având un centru propriu de conducere, însă cel din Prahova va fi subordonat celui din Buzău.

Un alt aspect îl constituie faptul că aducțiunea **C. Vest** se desparte în două canale de derivație **C. Vest 1** și **C. Vest 2**, în partea sa finală, punctul de ramificație aflându-se pe teritoriul județului Buzău, însă foarte aproape de limita interjudețeană.

Pe ramificația **C. Vest 1**, în zona limitei de județ (dar pe teritoriul jud. Buzău) se află stația de alimentare a acestui canal, SRPA Mizil, în timp ce **C. Vest 2** este alimentat gravitațional în continuarea canalului **C. Vest**.

De aici rezultă o **altă concluzie**, și anume că *centrul de conducere subordonat trebuie să fie în legătură cu stația importantă SRPA Mizil*, unde să se rezolve problemele de partajare a debitelor între **C. Vest 1** și **C. Vest 2**.

Se pot reține ca centri importanți ai viitoare rețele de dispecerizare: localitățile Buzău, Mizil și stația de repompare SRPA Mizil.

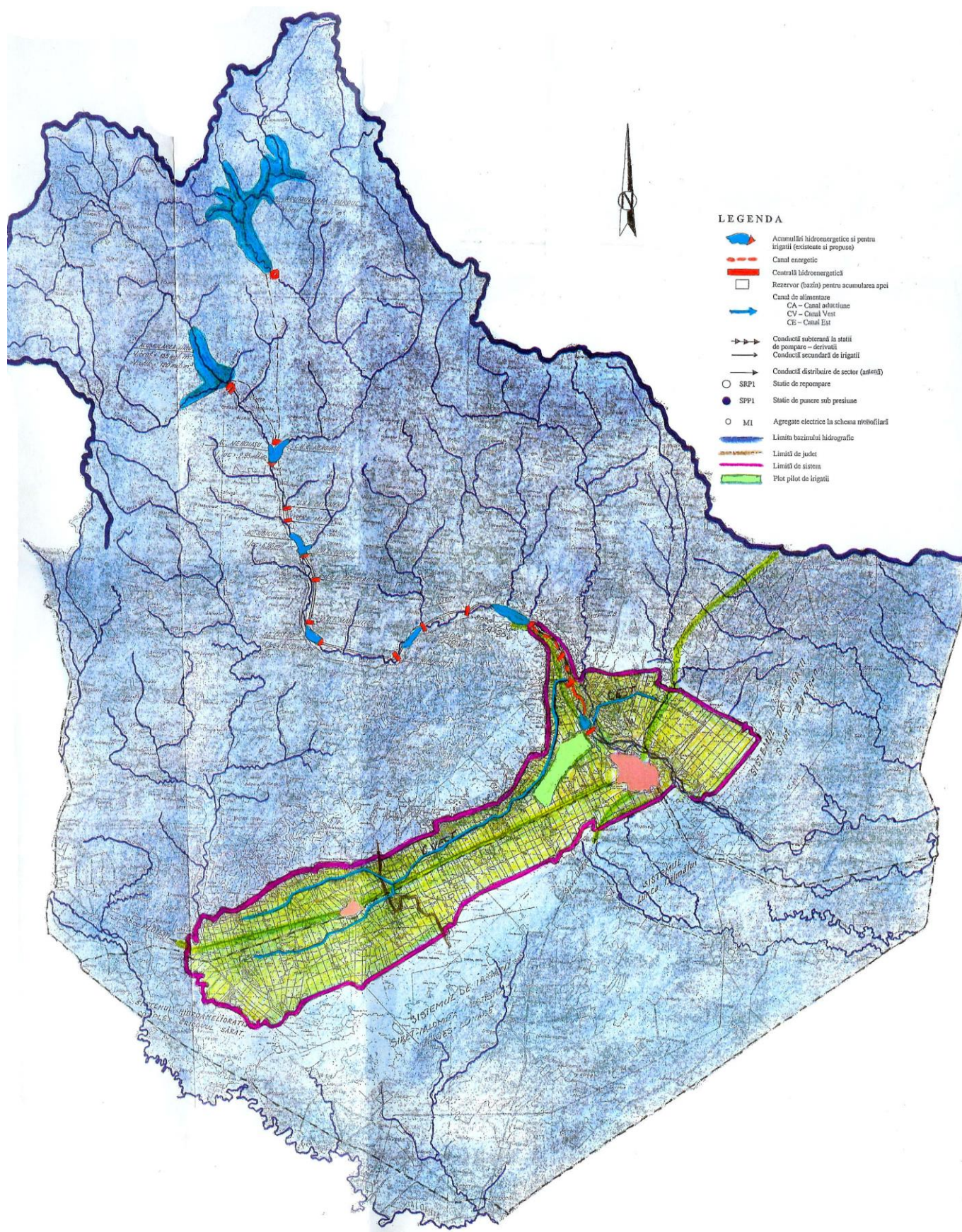


Fig. 4.45. Planul încadrării sistemului de irigații Câmpia Buzăului în schema amenajării hidroenergetice a bazinului hidrografic, râul Buzău

2° Corelarea prizei C. Vest cu canalul energetic CE

Canalul *C. Vest* este alimentat din *canalul energetic de aducțiune CE*, care funcționează cu folosință mixtă (sau complexă) și prioritate energetică.

Prioritatea energetică determină la *graficul dispecer* priza CE din acumularea Sătuc-Berca și condițiile de subordonare pentru canalul de aducțiune *C. Vest*.

Priza canalului *C. Vest* este situată între două uzine hidroelectrice, U.H.E. Căndești și U.H.E. Vernești, în apropierea acestuia din urmă.

Pe acest traseu al **CE** se află trei uzine hidroelectrice, respectiv UHE Sătuc (imediat după baraj), U.H.E. Căndești și U.H.E. Vernești, conectate la *sistemul propriu de dispecerizare* care le coordonează funcționarea.

Se disting două perioade în graficul dispecer: în afara perioadei de irigații – când în general există debite în surplus – și în campania de irigații (aprilie-octombrie) când există posibilitatea deficitelor de apă și se pot introduce restricții la prizele sistemului de irigații de către sistemul hidroenergetic.

Acumularea Sătuc-Berca regularizează debitele, având prevăzute tranșe de volume și de limite de utilizare pe priorități pentru fiecare folosință.

De aici rezultă concluzia că la priza C. Vest trebuie să existe un centru de control automat principal conectat la rețeaua de dispecerizare a S.I. și cu o legătură de colaborare-corelare informațională cu rețeaua de dispecerizare energetică.

Cea mai apropiată stație de pompare atât de priza *C. Vest*, cât și de **CE** și U.H.E. Vernești este SPP2 care se reține ca prezumtiv *centru principal de control*.

3° Puncte cheie de alimentare și control

Legătura funcțională între derivațiile consumatorilor de apă și canalele de alimentare C. Vest, C. Vest 1, C. Vest 2 se stabilește în NHD – nodul hidrotehnic de distribuție, care în schema studiată este realizat în special cu SPP de diferite mărimi.

Aceste SPP sunt puncte cheie pentru alimentarea cu apă, dar și pentru alimentarea cu energie electrică necesară sistemului de dispecerizare.

În plus, așa cum s-a arătat aceste SPP sunt nuclee de control automat, fiind prevăzută modernizarea și perfecționarea prin echipamente de control ai parametrilor hidraulici și electrici, amplasate în interiorul sau în apropierea SPP.

De aici rezultă concluzia că *rețeaua de dispecerizare locală trebuie să se bazeze pe aceste SPP* care controlează atât derivațiile-consumatorii de apă, cât și secțiunea din bief în care sunt amplasate.

4° Metoda propusă de reglare dinamică, globală

Această metodă superioară de control și comandă este pe deplin justificată în condițiile oferite de automatizarea modernă preconizată pentru reabilitarea sistemului Câmpia Buzăului – C. Vest. În același timp, această metodă necesită o echipare adecvată atât pentru *culegerea de date* multiple prin control automat, cât mai ales pentru *prelucrarea acestor date și elaborarea unor scenarii de previziuni* care constituie baza pentru *aplicarea corecțiilor*. Calitatea de *supervizare* a sistemului automat este pusă în valoare tocmai de calitatea și corectitudinea scenariilor previzionare și de calculul corecțiilor necesare. Prin studiile efectuate și soluțiile prezentate s-a fixat doar baza pentru culegerea datelor și aplicarea corecțiilor.

Rezultă de aici concluzia că în cadrul centrelor de dispecerizare este necesar să fie prevăzute *compu-tere eficiente* echipate cu interfețe corespunzătoare (DAS etc.) care să faciliteze conducerea automată la diferite niveluri, să elaboreze scenarii și să emită planuri de măsuri și programe de exploatare din care dispecerul uman să aleagă cele mai potrivite decizii. Tehnica actuală din domeniul microcalculatoarelor este atât de avansată, încât nici nu se mai poate concepe un sistem automat fără calculatoare. Se propune conectarea calculatorului în sistem *on-line* în circuit deschis (la centrul principal).

Informatizarea automatizării dispecerizate este soluția potrivită, care însă necesită o bază de programare (software).

4.2.4. STRUCTURA MODELULUI PROPUȘ DE AUTOMATIZARE DISPECERIZATĂ (REȚEAUA CENTRALIZATĂ)

Având în vedere toate aspectele evidențiate în urma studiilor și analizelor efectuate pentru condițiile de funcționare a rețelei de canale de aducțiune și de distribuție în soluția de automatizare propusă, s-au fixat principalele elemente care alcătuiesc rețeaua centralizată de dispecerizare. În continuare se *prezintă structura modelului propus pentru automatizare dispecerizată în sistem informatizat pentru S.I. Câmpia Buzăului – C. Vest*.

1° Rețeaua locală de dispecerizare

Se propune constituirea unei rețele de control local, grefată pe anumite SPP care pot acoperi o zonă de influență delimitată din cadrul sistemului de irigații. Centrele locale vor primi denumirea **PDL** – post dispecer local.

În urma analizării poziției în sistem și pe canale, s-au ales următoarele SPP (tabelul nr. 4.3) pentru a fi echipate pentru a îndeplini funcția de **PDL** și pentru a fi conectate în rețea (v. fig. 4.40 și 4.45).

Pe canalul C. Vest sunt prevăzute 11 PDL (PDL 1÷11), pe C. Vest 1 sunt prevăzute 7 PDL (PDL 12 ÷ 18), iar pe canalul C. Vest 2 sunt prevăzute 10 PDL (PDL 19÷28).

În total sunt 28 PDL (PDL 1÷28) din care în județul Buzău sunt 12 PDL (PDL 1÷11 și PDL 19), iar în județul Prahova sunt 16 PDL (PDL 12÷18 și PDL 20÷28).

Tabelul nr. 4.3

PDL 1 – SPP3	PDL 8 – SPP19	PDL 15 – SPP5/1	PDL 22 – SPP5/2
PDL 2 – SPP4	PDL 9 – SPP21	PDL 16 – SPP7/1	PDL 23 – SPP6/2
PDL 3 – SPP5	PDL 10 – SPP22	PDL 17 – SPP13/1	PDL 24 – SPP8/2
PDL 4 – SPP7	PDL 11 – SPP26	PDL 18 – SPP13/1	PDL 25 – SPP9/2
PDL 5 – SPP11	PDL 12 – SPP1/1	PDL 19 – SPP1/2	PDL 26 – SPP10/2
PDL 6 – SPP14	PDL 13 – SPP2/1	PDL 20 – SPP3/2	PDL 27 – SPP11/2
PDL 7 – SPP18	PDL 14 – SPP4/1	PDL 21 – SPP4/2	PDL 28 – SPP13/2

(fără indice sunt SPP pe C. Vest, indicele 1 sunt SPP pe C. Vest 1 și indicele 2 sunt SPP pe C. Vest 2)

Fiecare PDL va fi dotat cu următoarele echipamente (dr. ing. T.V. Blidaru):

La sediul (SPP):

- calculator pentru înregistrarea și procesarea datelor de la acest nivel, conectat în rețea, cu toate celelalte categorii de centre dispecer și cu consumatorii de apă deservii;
- panou sinoptic de urmărire a funcționării obiectivelor controlate și afișaj local a telesemnalizării;
- aparatura minimă de afișaj local al telemăsurării.

În teren:

- aparatura de automatizare (control) prevăzută, conectată la PDL, inclusiv la sursa electrică de alimentare.

La PDL cel mai apropiat se vor interconecta du-lapii de automatizare care controlează local echipamentele din componenta stăvilarelor SA și P de biefare a canalelor (DA-BIVAL și RHN). Toate celelalte SPP care nu au funcția de PDL vor fi conectate la un PDL de care depind funcțional.

Fiecare PDL va ține evidența volumelor de apă livrate la fiecare beneficiar, evidența energiei consu-

mate la fiecare SPP din subordine, a tarifelor stabilite și a modului de efectuare a plății apei. De asemenea va ține evidența tuturor caracteristicilor legate de circuitul apei la obiectivele din subordine și a gestiunii complete, inclusiv a problemelor de exploatare, întreținere, reparații, revizii tehnice periodice etc.

Toate aceste aspecte trebuie să fie stabilite și aplicate prin programele de calculator.

2° Rețeaua principală de dispecerizare

Se constituie două puncte intermediare de control numite **PDP – post dispecer principal**, care au rolul de a realiza controlul corelat și gestiunea apei în cele două secțiuni de importanță capitală pentru buna funcționare a sistemului de irigații, și anume prizele de apă ale celor două subsisteme, Buzău și Prahova.

PDP1 – se constituie la SPP2 și controlează priza principală a canalului C. Vest, fiind conectat cu centrul dispecer căruia îi este subordonat total și cu PDP2 care îi este subordonat din anumite puncte de vedere. Cele 12 PDL de pe traseul canalului C. Vest și C. Vest 2 (PDL 1÷11 și PDL 19) care aparțin județului Buzău se vor subordona direct centrului dispecer PDP1 cu care se vor interconecta.

PDP2 – se constituie la sediul sistemului din localitatea Mizil și la S.R.P.A. Mizil de pe C. Vest 2.

La S.R.P.A. Mizil vor fi toate echipamentele necesare, inclusiv un calculator, iar la sediul sistemului Mizil va fi un terminal calculator, ambele conectate în rețea.

SRPA Mizil are personal de exploatare propriu care va fi instruit să asigure dispeceratul. Deci PDP2 controlează priza canalului C. Vest 1 prin SRPA Mizil și respectiv punctul de ramificație a celor două canale C. Vest 1 și C. Vest2.

Dispecerul de la sediul sistemului Mizil controlează subsistemul de pe teritoriul județului Prahova aferent celor două ramificații: C. Vest 1 și C. Vest 2.

PDP2 este conectat cu PDP1 căruia îi este subordonat și, prin acesta, cu centrul dispecer.

Cele 16 PDL de pe traseele ramificațiilor C. Vest 1 și C. Vest 2 (PDL 12÷18 și PDL 20÷28) care aparțin județului Prahova se vor subordona direct centrului dispecer PDP2 cu care se vor interconecta.

Echiparea celor două PDP va fi în principal similară cu echiparea PDL, dar programele implementate și liniile de interconectare vor corespunde cerințelor impuse de acest nivel superior de control și procesare.

3° Centrul dispecer al sistemului de irigații

Centrul dispecer al ansamblului sistemului de irigații Câmpia Buzăului se va constitui la Buzău la sediul întreprinderii de exploatare. Se va numi **PDC** –

post dispecer central (sau CD) și va fi echipat corespunzător nivelului superior pe care îl deține față de întreaga rețea de dispecerizare.

Liniile de interconectare vor urmări traseul PDC Buzău, PDP1 (priza C. Vest) și PDP2 (Mizil-SRPA), la care sunt racordate centrele PDL din zona de influență și subordonare.

Setul minimal de funcțiuni pe care trebuie să le realizeze sistemul de automatizare și dispecerizare (de exemplu, la nivelul stațiilor de pompare) este:

- comanda pornirii și a opririi agregatelor;
- urmărirea funcționării agregatelor, respectiv verificarea menținerii parametrilor caracteristici în plaja de valori admisibile, corespunzătoare funcționării normale;
- semnalizarea abaterilor de la valorile normale și a atingerii limitelor de avertizare și/sau avarie;
- deconectarea automată în situația menținerii abaterii peste un interval de timp prestabilit;
- contorizarea și înregistrarea volumelor pom-pate și a energiei electrice consumate;
- comanda conectării/deconectării agregatelor în funcție de variația sarcinii pe refulare, pentru asigurarea funcționării în regim optim, respectiv în apropierea punctului de funcționare rezultat din analiza caracteristicii compuse a agregatelor, $H(Q)$;
- comanda rotației funcționale a agregatelor în stații, în scopul egalizării timpilor de funcționare.

În plus, la nivelul sistemului de dispecerizare trebuie să se prevadă și următoarele posibilități:

- realizarea decuplării funcționale între punctele dispecer local și centrul dispecer, astfel ca să poată asigura urmărirea activității la punctele de dispecerizare la momente de timp predeterminate (secvențial, selectiv) sau ori de câte ori este necesar, fără a fi necesară obligatoriu menținerea unei legături permanente;
- în situațiile de avarie trebuie să se poată asigura deconectarea echipamentelor automate și posibilitatea de a trece pe control manual;
- asigurarea posibilității de implementare progresivă a funcțiilor de dispecerizare (sistem de dezvoltare);
- realizarea automatizării locale la nivel de stație de pompare, prin intermediul echipamentelor de proces amplasate în dulapuri de automatizare în incinta stațiilor; aceste echipamente se pot interconecta prin radio (sau cablu) cu calculatorul „master” de centrul dispecer.

Aceste funcțiuni sunt pilotate prin software de proces și pot fi dezvoltate pe parcursul implementării, inclusiv prin adăugarea de noi funcțiuni (sistem de dezvoltare). Astfel, de exemplu, echipa-

mentul de proces poate prelua funcția de pilotare a modului variator tensiune/frecvență pentru comanda turației variabile a agregatelor de pompare, în situația că, ulterior implementării sistemului informatizat, se decide înlocuirea parțială sau totală a agregatelor din stație cu pompe de turație variabilă (retehnologizare).

Supravegherea și controlul se execută pentru stațiile de punere prin urmărirea presiunilor pe conducte de refulare corespunzătoare, iar pentru pompări prin controlul nivelului în bazinul de refulare, cu ajutorul dispozitivelor de tip senzor/traductor destinate acestui scop. Pentru protecția la variații importante ale tensiunii de alimentare a echipamentelor de proces ce realizează automatizarea locală a stațiilor, sunt necesare echipamente specializate, de exemplu de tip „sursă neîntreruptibilă (UPS)”.

Interconectarea între componentele sistemului de echipamente de proces depinde de soluția ce se va adopta pentru constituirea rețelei de dispecerizare (ramificată, în inel, mixtă), având la modul general forma prezentată în schema bloc din fig. 4.46 (unde SA1 ... i ... n sunt stațiile automatizate aferente stațiilor de pompare sau altor obiective).

Schema bloc funcțională pentru culegerea, transmiterea, stocarea și prelucrarea datelor în sistem informatizat este prezentată în fig. 4.47. Destinatul final al informațiilor de teritoriu este baza de date a centrului dispecer, unde se centralizează ansamblul informațiilor necesare procesului de planificare operativă în sistemul de irigații.

Fluxul de date are două componente principale:

- componenta de proces, respectiv datele necesare elaborării comenzilor și controlului echipamentelor în sistem dispecerizat. Aceasta are un traseu dirijat în sensul: traductor – unitate de prelucrare (CPU) – element de execuție;
- componenta soft propriu-zisă, în cadrul căreia ansamblul informațiilor utile (inclusiv cele rezultate din componente de proces) sunt stocate la nivelul bazei de date a sistemului de irigații (Centru Dispecer), urmând a fi preluate în cadrul unor aplicații (programe calculator) în scopul realizării conducerii operative ca și pentru calcule economico-financiare.

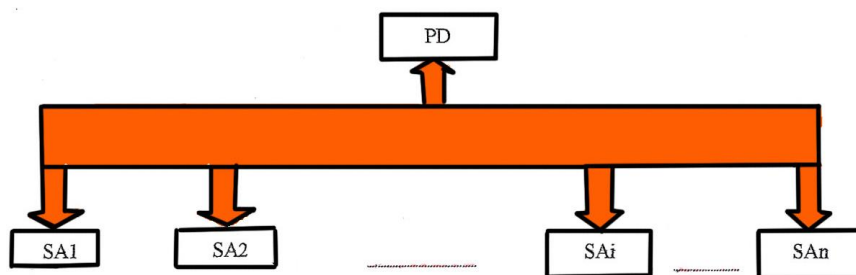


Fig. 4.46. Schema bloc de interconectare a echipamentelor de automatizare locală cu punctul dispecer

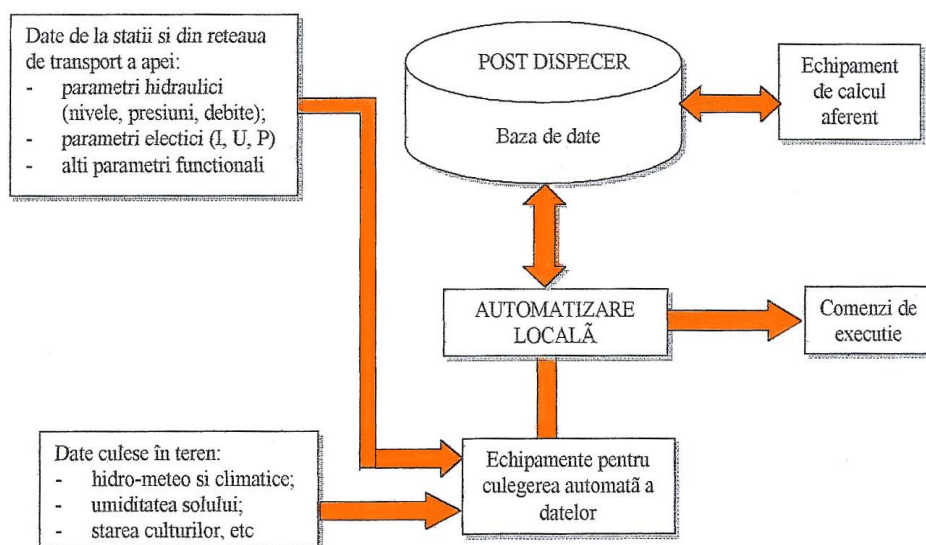


Fig. 4.47. Schema bloc a fluxului de date în procesul de prelucrare

Baza de date a stațiilor trebuie să conțină, alături de codul de identificare al acestora, informațiile esențiale de natură tehnică, intervenții și reparații, defecțiuni, planificarea întreținerii.

Informația corespunzătoare trebuie să se refere și la prețuri, stocuri, furnizori etc.

Baza de date trebuie actualizată permanent având în vedere execuția udărilor planificate, evenimentele din sistem și derularea activităților de reparații și întreținere.

Sunt, de asemenea, necesare informații asupra utilizării, fiabilității, costurilor de operare și întreținere ale echipamentelor componente ale stației.

Baza de date constituie de asemenea suportul informativ pentru planificarea și optimizarea resurselor (stocuri) pentru realizarea programelor de întreținere (fig. 4.48).

Sistemele moderne de baze de date conțin și funcțiuni de estimare predictivă a fiabilității sistemelor, element util pentru planificarea întreținerii preventive și reducerea posibilităților de apariție a unor disfuncționalități neprevăzute.

Pentru planificare, în tabelul nr. 4.4 este prezentată structura câmpurilor bazei de date plan (parțial).

Tabelul nr. 4.4. Structura bazei de date PLAN

Data/ora	Cod SPP	Cod canal Cod tronson	Cod SRP	Debit pompat la SRP	Volum în canal	Debit prelevat la priza pe canal	Rezerva de volum
1	2	3	4	5	6	7	8

Implementarea bazelor de date prezentate permite, prin intermediul aplicațiilor (programelor calculator) dedicate conducerii operative, prelucrarea complexă a informațiilor culese din sistemul de irigații.

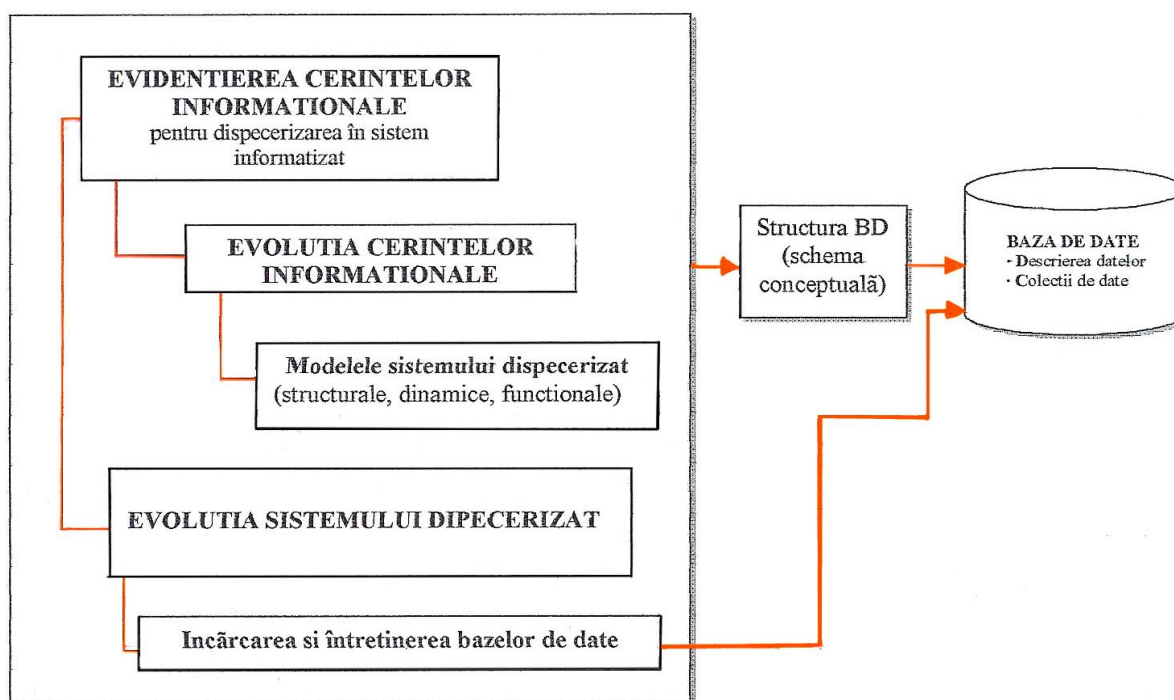


Fig. 4.48. Etapele de realizare a bazelor de date utilizate în dispecerizarea informatizată

La nivelul *stațiilor de automatizare, software-ul* dedicat se dezvoltă în funcție de configurația hardware a fiecărei stații în parte.

Softul utilizat în cadrul sistemelor de irigații trebuie să satisfacă o serie de cerințe generale, independent de variantele de implementare adoptate de către informaticieni. El trebuie să includă o serie de **modele**, a căror complexitate este condiționată de disponibilul de informații și condițiile de utilizare. Astfel, la nivelul *schemei hidrotehnice, softul* de bază conține cel puțin trei tipuri de modele:

- modele ale sistemului de informare;
- modele de gestiune și stocare a resurselor;
- modele hidraulice pentru distribuția apei.

La nivelul *suprafețelor irigate*, sunt necesare modele pentru:

- estimarea bilanțului apei în sol;
- modele ale sistemului informațional.

Softul pentru *conducerea operativă și managementul sistemului de irigații* trebuie să răspundă cerințelor legate de gestiunea integrată a sarcinilor ce stau în fața managerilor sistemelor. Pentru conducerea operativă sunt necesare modele ale operării elementelor constitutive ale schemei hidrotehnice, datele informative trebuind să corespundă, din punct de vedere calitativ și cantitativ, cerințelor utilizatorului, în scopul asigurării eficienței decizionale.

O categorie aparte de modele este reprezentată de *modelele privitoare la planificarea și optimizarea udărilor, costul real al apei* în diferite scheme de alocare etc., modele construite (calibrate) în baza datelor reale din teren.

Rularea repetată a acestor modele, în condiții inițiale diferite, reprezintă un procedeu de simulare computerizată pentru realizarea unei estimări obiective pentru optimizarea deciziilor.

Pentru realizarea unor modele fiabile este necesară calibrarea acestora în condițiile concrete din teren, în acest scop fiind necesară utilizarea structurilor de control și măsurare a debitelor și volumelor de apă din sistem.

Introducerea softului dedicat pentru conducerea operativă în cadrul exploatareilor pentru irigații necesită o perioadă de instruire și calificare a personalului ce

urmează să îl utilizeze; este de asemenea necesară asistența de specialitate pentru întreținere software, asigurând funcționarea efectivă a infrastructurii sistemului și urmărirea obținerii primelor rezultate în teren. Utilizarea programelor calculator în scop de conducere operativă și gestiune în cadrul sistemelor de irigații poate avea implicații în privința structurii și calificării personalului, schimbului de informații între diferitele nivele organizatorice ale unităților de exploatare și între unitățile de exploatare și beneficiari, precum și unele aspecte administrative și instituționale.

Implementarea modelelor trebuie documentată în mod corespunzător, în scopul utilizării ca ghid pentru noi implementări.

4.2.5. CENTRUL INFORMAȚIONAL AL PLOTULUI PILOT

1° Schema fluxului informațional în cadrul plotului pilot

Schema bloc funcțională pentru **culegerea, transmiterea, stocarea și prelucrarea** datelor în sistem informatizat este prezentată în fig. 4.49.

Destinatarul final al informațiilor din teritoriu este baza de date a Centrului Informațional, unde se centralizează ansamblul informațiilor necesare procesului de planificare operativă în cadrul plotului reprezentativ.

Funcție de condițiile specifice de sol, microrelief și orientarea terenului, s-a prevăzut amplasarea și echiparea unei rețele formate din trei umidometre, constând din traductoare primare (senzori) capacitivi de umiditate, legați prin conexiuni din cablu staționare la 0,6-0,8 m adâncime la un bloc sumator integrat de tip KIUT 4014 echivalent.

De asemenea, se prevede amplasarea unei stații meteo automate tip FORTUS, prin care parametrii

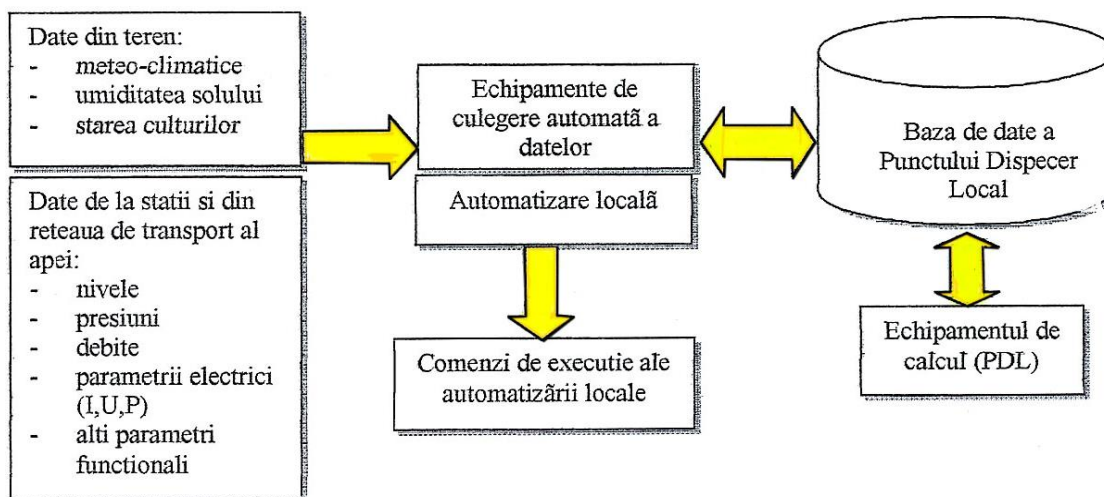


Fig. 4.49. Schema bloc a fluxului de date la nivelul Centrului Informațional

meteo-climatici (precipitații, temperaturi, viteza și intensitatea vântului, radiația solară, presiunea atmosferică) sunt transmise direct (în timp real) sau stocate și retransmise periodic, la intervale prestabilite, către calculatorul amplasat la postul dispecer local al sistemului.

Datele meteo-climatice, ca și cele referitoare de umiditate al solului, reprezintă informația de intrare pentru fișierele (bazele) de date caracteristice implementate la nivelul centrului informațional al plotului. Această informație primară urmează a fi prelucrată în scopul planificării udărilor, atât din punct de vedere cantitativ, cât și ca momente de timp și durate de aplicare.

O problemă esențială în cadrul realizărilor programelor calculator (software de bază) în cadrul Centrului Informațional destinat deservirii plotului pilot este aceea a *modelării matematice* adoptate pentru realizarea procedurilor de calcul specifice. Stabilirea și adaptarea celor mai adecvate modele este prioritară în faza de analiză de sistem și condiționează în mod esențial succesul implementării sistemului informatic. Astfel, în cadrul *modelelor de distribuție a apei*, în funcție de necesitățile specifice la nivelul plotului de irigații, se au în vedere:

- *modele ale managementului resurselor de apă*; aceste modele trebuie să răspundă cerințelor legate de problemele gestiunii integrate a sarcinilor ce revin managerilor sistemelor de irigații.

- *modele de optimizare*; în funcție de obiectivele adoptate se pot adapta diferite modele de optimizare.

Astfel, pentru ameliorarea funcționării sistemului tehnologic de deservire a plotului de irigații, sunt necesare modele hidraulice, precum și modele pentru alocarea resurselor de apă.

Pentru optimizarea utilizării apei și a alocării în funcție de tehnica de udare, parametrii agricoli și programele de udare, se pot adopta modele de optimizare, bazate pe *programarea liniară*. Pentru optimizarea apei distribuite în cadrul suprafețelor irigate sunt necesare modele ce includ relația de bilanț hidric.

Pentru realizarea unor modele de funcționare optimizată a rețelei de conducte sub presiune aferente plotului pilot, la nivelul Centrului Informațional se poate rula programul pentru calculul hidraulic al funcționării rețelei ca *simulator*, în sensul că pentru diferite configurații de lucru ale rețelei de conducte sub presiune (numai anumite tronsoane active la un moment dat), rezultă o anumită configurare a agregatelor active la nivelul SPP; rezultă, de asemenea „configurația optimă pentru o cerere dată” (variantă, analizată în rulări consecutive ale programului, prin modificarea seturilor de date inițiale).

Implementarea de software bazată pe utilizarea

unor tipuri de modele trebuie să țină cont de o serie de factori:

- *obiectivele modelelor*, cu stabilirea, în etapa de analiză, ale cerințelor concrete ale beneficiarilor sistemului informatic;

- *selectarea modelelor* celor mai adecvate obiectivelor stabilite în faza de analiză a sistemului;

- *costurile implicate*, referitoare la cheltuielile inițiale, inclusiv hardware-ul, cerințele de date, costul instruirii, costul prelucrării datelor, suportul și asistența tehnică corespunzătoare;

- *cerințele de timp și costurile asociate* pentru calibrarea modelelor, testarea și depanarea și perfecționarea programelor calculator etc., simularea rulării cu date concrete din teren;

- *cerințele specifice* privitoare la interfața cu utilizatorul;

- *cerințele de infrastructură, comunicații, școlarizare a personalului etc.*;

- *aspectele instituționale și de transfer tehnologic*.

2° Necesitatea centrului monitoring și de avertizare. Centrul informațional

Fiind vorba în principal de asigurarea cererii de apă pentru culturile agricole, având ca prim indicator *plafonul de umiditate* al solului care trebuie cunoscut de fermierul ce aplică udarea, în cele ce urmează se va prezenta o soluție în acest scop, dusă până la nivel de automatizare. Din tot ce s-a prezentat în fazele anterioare a rezultat structura constructiv-funcțională a plotului care este capabil să asigure apa (debit și presiune) în orice mod de distribuție, la *cererea* fermierului. Această *cerere*, și ca moment al declanșării, trebuie să-i fie sesizată fermierului sau asociației de fermieri, printr-un organism abilitat în acest sens, asemănător celui ce avertizează momentele când apare necesitatea aplicării stropirilor la vită, pomi și alte culturi.

Un asemenea organism s-ar putea regăsi fie în filialele societăților de îmbunătățiri funciare, fie în sindicate hidraulice sau agro-ameliorative special constituite, sau în alte tipuri de structuri specifice zonei și etapei (ca de exemplu AUI – asociația utilizatorilor de apă).

În acest scop teritoriul irigabil ar trebui împânzit cu o rețea de sesizoare (exemplu traductoare de umiditate) conectate la un post dispecer local, unde datele pot fi prelucrate, cu emiterea de decizii – avertizări – pentru declanșarea udării (fig. 4.50).

Sigur că nu în toate parcelele (care pot fi sute în cazul loturilor de 0,2-5-10 ha) se vor instala aceste **sesizoare**, ci în cele reprezentative, stabilite pe planurile pedoameliorative (sau agro-ameliorative). Aceste sesizoare, cum s-a mai spus, vor fi conectate la centru

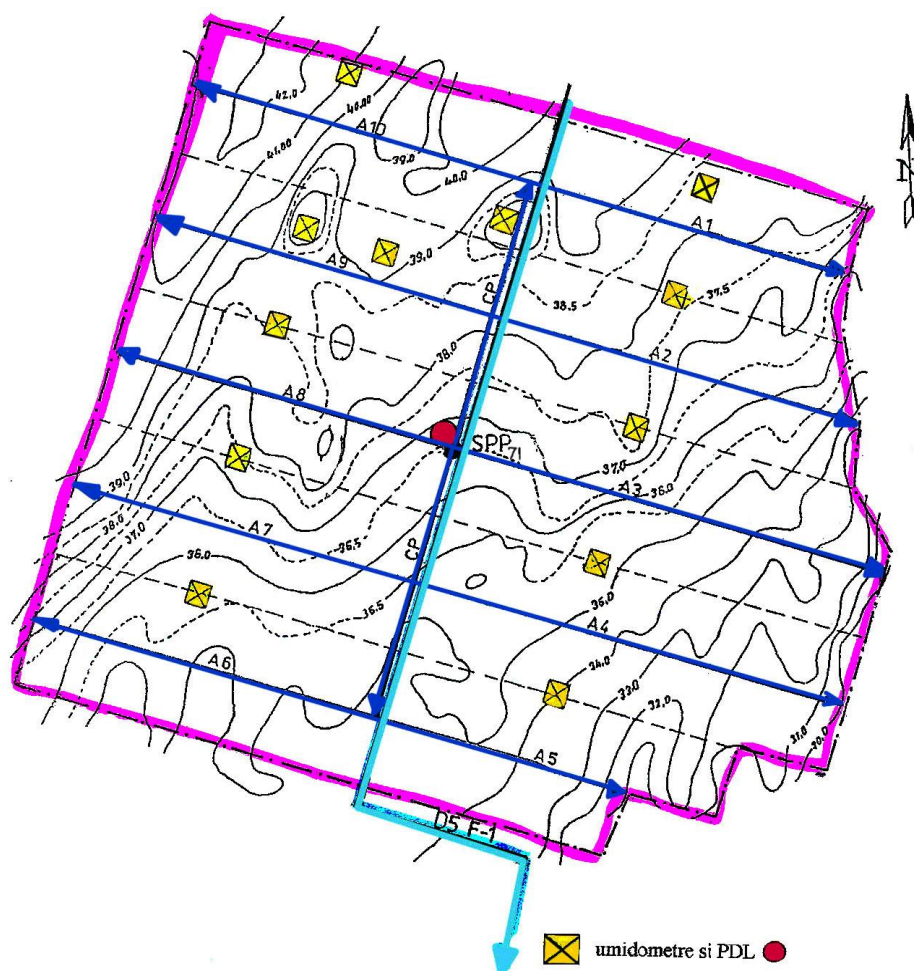


Fig. 4.50. Poziționarea în teren a aparaturii pentru măsurarea umidității

dispecer de informatizare ce-și poate avea sediul la stația de pompare de punere sub presiune (fig. 4.50), prin care se asigură apa și presiunea în tot plotul. În cazul soluției de rețea (antene) cu rezervor – castel de apă, presiunea (și debitul) se vor menține automat prin intermediul acestuia (soluția poate fi și cu pompe cu tură variabilă, cu hidrofor etc.).

În cazul prezenței rezervorului – turnului (castelului) de apă – de echilibru, întreaga rețea și toate nodurile de distribuție fiind pline cu apă – sub presiune normală (3-4 bari), rezultă că orice fermier poate lua apa necesară când dorește, în limitele *cererii* optimizate. Întrucât, spre deosebire de rețeaua de apă potabilă sau de rețeaua electrică ce asigură cerințele (apă sau energie pe care locatarul le dorește/le manifestă), rețeaua de irigație – chiar dacă îndeplinește condițiile de *cerere* (debit, presiune) – poate fi acționată și la cererea plantelor sau a plafonului de umiditate, stabilite prin senzorii de teren. Deci, apare ca indispensabilă, în conceperea unui plot de irigații cu distribuția apei la *cerere*, prezența sistemului informațional.

Studiul întreprins în acest scop a condus spre structura ce se va prezenta în această fază (ing. Tudor

Viorel Blidaru, teză de doctorat, manuscris, 2000).

1/ Structura Centrului Informațional

Centrul Informațional (CI) aferent plotului are rolul de a **cu-lege, stoca și prelucra** informația necesară prognozei și conducerii irigației, respectiv de a asigura – prin mijloace informatice specifice – estimarea momentelor de timp și a cantităților de apă necesare a se aplica în suprafețele irigate aparținătoare de plot.

În funcție de înțelegerile (contractele) realizate între unitatea ce realizează gestiunea schemei hidrotehnice din plotul pilot și beneficiarii resurselor de apă distribuite în cadrul acestui sistem, se pot adopta o serie de variante (strategii) de aplicare a udărilor, cum ar fi (fig. 4.51. a, b, c, d):

- udările se administrează în momentele când rezerva de apă din sol atinge plafonul minim, adică atunci când deficitul devine egal cu rezerva ușor utilizabilă a solului (RUU), iar normele de udare sunt egale cu deficitul maxim (fig. 4.51 a). Producția agricolă poate atinge nivelul maxim.

Se folosește în cazul amenajărilor cu distribuția apei la *cerere* și dacă se irigă culturi valoroase;

- udările se aplică atunci când rezerva de apă din sol atinge plafonul minim, dar normele de udare acoperă numai 70-80% din deficitul maxim. O parte din capacitatea solului nefiind satisfăcută, se creează posibilitatea unei mai bune aerisiri a rădăcinilor – în cazul solurilor argiloase – și o valorificare mai bună a precipitațiilor care intervin după udări – în toate condițiile de textură a solului. Se reduc astfel pierderile de apă prin percolație și scurgere de suprafață (fig. 4.51 b);

- udările se aplică în momentele de timp în care rezerva de sol atinge 20-30% din RUU, respectiv deficitul de apă este 70-80% din cel maxim. Normele de udare sunt relativ mici și frecvente putându-se distribui prin sisteme de irigație localizată sau prin sisteme de aspersiune fixe automatizate (fig. 4.51 c);

- udările – cantitativ egale cu valoarea deficitului maxim – se aplică la intervale de timp prestabilite, mai mari în lunile de consum de apă mai redus și precipitații însemnate și mai mici în lunile de consum intens (iulie-august) (fig. 4.51 d).

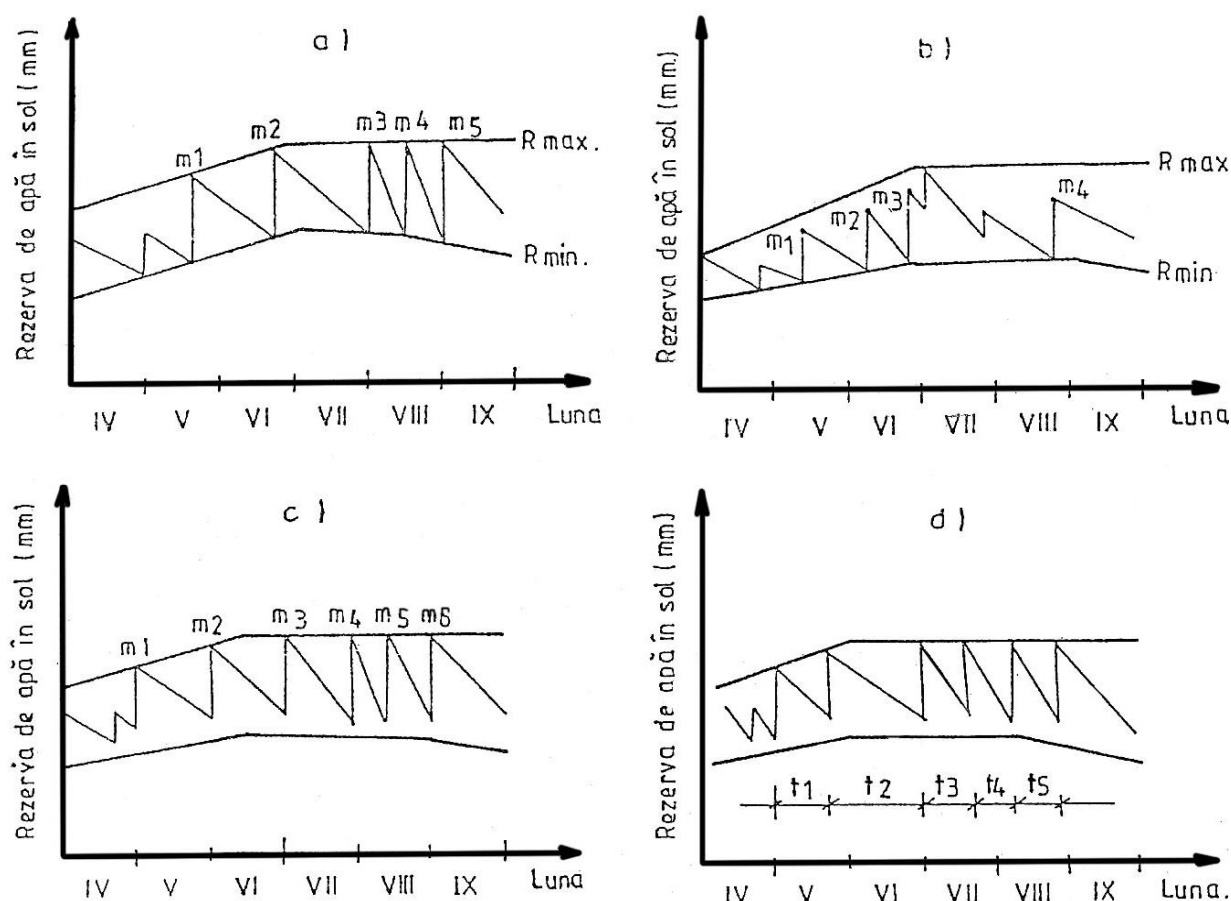


Fig. 4.51. Graficul determinării duratei dintre udări funcție de rezerva de apă ușor utilizabilă a solului (RUU)

Oricare ar fi însă metoda adoptată pentru aplicarea udărilor, este necesară informarea periodică și corectă a factorilor responsabili de decizie asupra evoluției deficitului de umiditate, în fiecare din suprafețele irigate aparținând plotului.

În scopul realizării prognozei cu privire la necesitățile de apă ale culturilor din suprafețele irigate, este necesară organizarea colectării informațiilor de intrare, care constau din:

- informațiile privitoare la starea și evoluția culturilor;

- informațiile privitoare la valorile și variațiile elementelor climatice;

- informațiile privitoare la starea hidrică a solului.

Aceste informații – reprezentând fluxul datelor de intrare – sunt introduse în calculator, unde sunt prelucrate în conformitate cu modelul matematic și programul de calcul al prognozei udărilor. Schema bloc a fluxului de

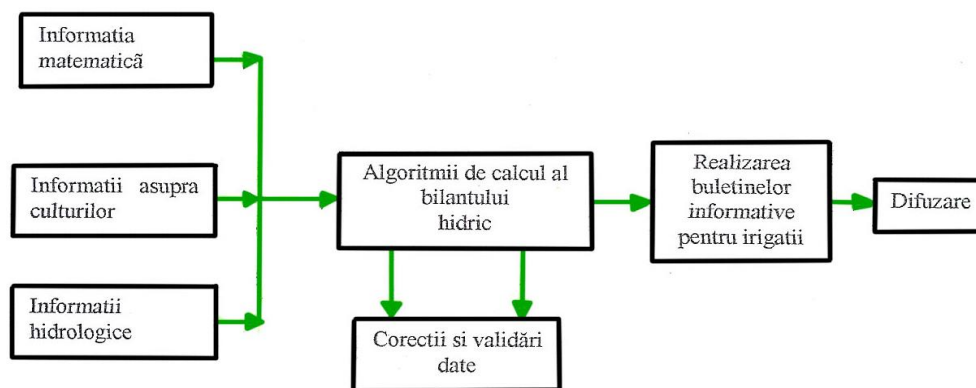


Fig. 4.52. Schema bloc a fluxului de informații

informații pentru realizarea buletinelor informative pentru irigații este reprezentată în fig. 4.52.

Structura modelului matematic al sistemului sol + plantă + atmosferă pentru gestionarea resurselor de apă în suprafețe irigate, după L. Mariani, este prezentată schematic în fig. 4.53.

Prelucrările informaționale efectuate la nivelul CI constau, în principal, în actualizarea și estimarea (prognoza) componentelor bilanțului hidric pentru fiecare din suprafețele irigate ce sunt monitorizate la nivelul plotului.

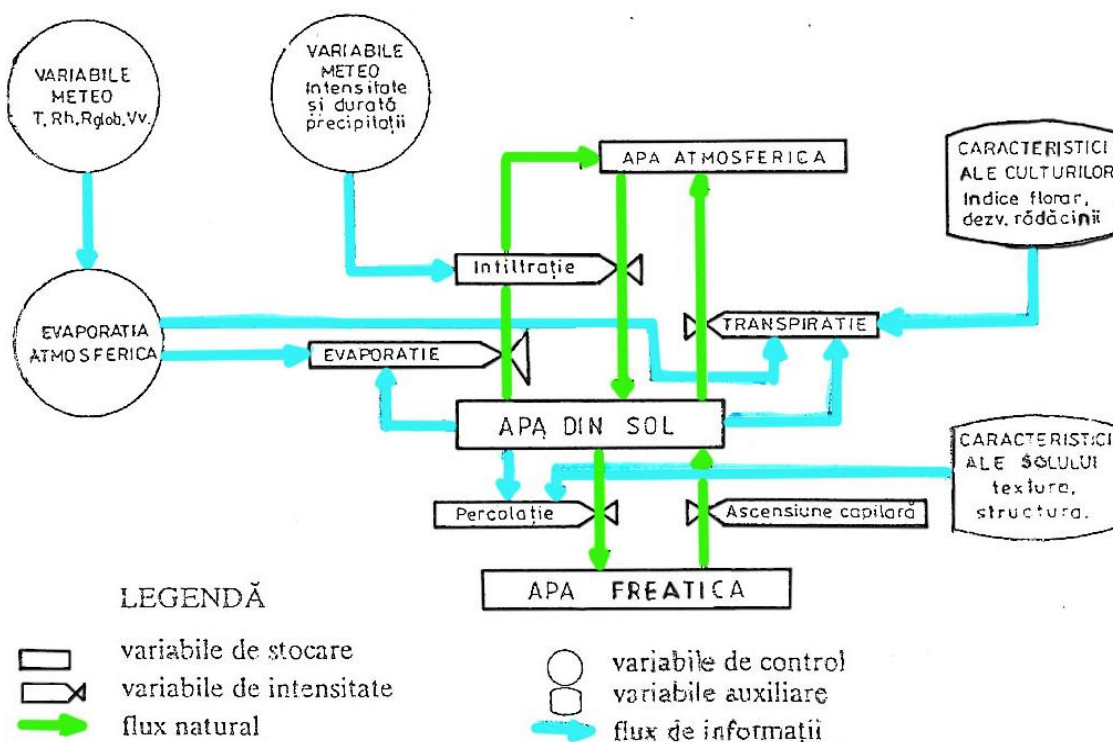


Fig. 4.53. Structura modelului matematic după L. Mariani

Aceasta revine la gestionarea unor fișiere (baze de date) care vor conține următoarele informații:

- codurile bilanțului de referință pentru fiecare element de suprafață (careu);
- valoarea (zilnică) a precipitațiilor, stabilită pe baza datelor provenite de la stația meteo cea mai apropiată, interpolate cu ajutorul unui program de interpolare;
- temperaturi – obținute de asemenea de la stația meteo – valori interpolate;
- rezerva de apă ușor utilizabilă (RUU) actuală;
- rezerva de apă ușor utilizabilă maximă în stratul explorat de rădăcini;
- adâncimea radiculară;
- numărul de zile trecute de la răsărirea plantelor.

2/ Funcțiunile Centrului Informațional

Din paragrafele anterioare se desprind următoarele funcțiuni – pe care Centrul Informațional trebuie să le realizeze – necesare monitoringului și avertizării distribuției apei în plot, în scopul optimizării **cererii**:

1°. Colectarea (achiziția) datelor necesare actualizării și prognozei bilanțului hidric în suprafețele irigate aferente plotului. Datele caracteristice elementelor de bilanț hidric se clasifică, din punct de vedere informațional în două categorii:

- date fixe, ce reprezintă acele caracteristici care nu se modifică – sau a căror modificare este nesemnificativă – pe întreaga perioadă de vegetație. Aceste date

sunt: caracteristicile solului (respectiv tipul, textura, constantele hidrofizice); caracteristicile culturilor (respectiv coeficienții culturali, indicele foliar); alte caracteristici generale (pantă teren, coordonatele geografice, constante fizice) etc.;

- date variabile, respectiv parametrii meteo-climatici, rezerva momentană de apă în sol, evapotranspirația actuală, udări aplicate – mărimi ce sunt legate prin relațiile elementare – pentru fiecare unitate de suprafață irigată – de bilanț hidric, reprezentând variabile de intrare în modelul matematic al sistemului sol – plantă – atmosferă.

Datele fixe reprezintă în cadrul programului de calcul pentru prognoza și gestiunea udărilor constante, iar datele variabile – mărimi (valori) de intrare care intră în structura ecuațiilor ce definesc starea și dinamica sistemului urmărit.

2°. Prelucrarea datelor – presupune realizarea unui ciclu de culegere – analiză (evaluare) – decizie, în mod periodic sau/și ori de câte ori este necesar prin utilizarea instrumentelor software (programe) și hardware (echipamente) specifice Centrului Informațional.

Dacă operațiunea de culegere a datelor presupune un anumit ritm (frecvență) de sosire a acestora precum și anumiți parametri calitativi (acuratețe, precizie etc.), activitatea de prelucrare a informației necesită existența unor algoritmi, implementați în cadrul programelor calculator aplicative, în baza cărora să se obțină, în timp util, informația necesară pentru elaborarea în mod optimal a deciziei de aplicare a udărilor.

Prin această activitate se asigură stabilirea momentelor (zilelor) de udare și mărimea normelor, în concordanță cu nevoile plantelor.

În afară de nevoile plantelor, deciziile de aplicare a udărilor pot include și alți factori, cum sunt: posibilitățile practice de udare, respectiv disponibilitățile de echipamente de udare și forță de muncă, restricțiile de ordin economic, caracteristicile tehnologice – parametri funcționali ai SPP și rețelei de transport a apei, corelarea cu celelalte lucruri agricole și, nu în ultimul rând, opțiunile și solicitările beneficiarilor.

Schema generală de interconectare informațională a elementelor structurale și decizionale este prezentată în fig. 4.54 (Blidaru V. 1976).

Starea suprafeței irigate (SI) este monitorizată prin intermediul blocului MP (măsură parametri); SI este aprovizionată cu apă cu ajutorul sistemului de dirijare al apei (schema hidrotehnică a plotului) – SDA. Unitatea de control – UC – este reprezentată, în cadrul Centrului Informațional, de fișierele (baza de date) ce conțin informațiile caracteristice cu privire la elementele constitutive și caracteristicile funcționale ale stației de pompare (SRP) și ale rețelei de transport al apei.

În cadrul blocului de evacuare și decizie (ED), ținându-se cont de informația furnizată de modulele MP, IE (informații externe) și de restricție specifice în cadrul CD (criteriul de decizie), are loc prelucrarea de date (rularea programului calculator) pentru prognoza udărilor.

Relația de debit hidric poate fi de forma (Smith):

$$R_i = R_{i+1} + P_u + m - ET_0 \cdot K + A_f \quad (14)$$

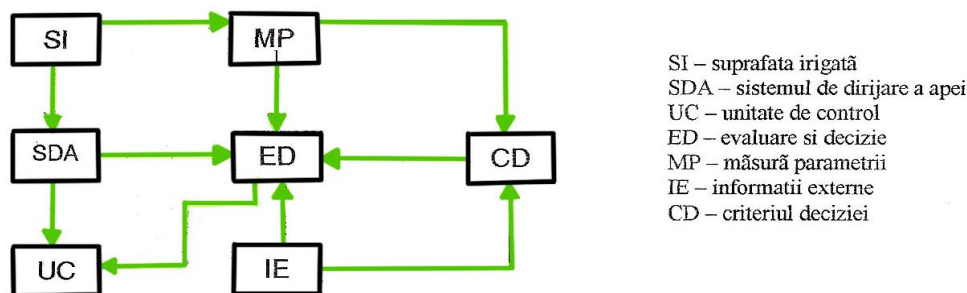


Fig. 4.54. Schema de interconectare informațională

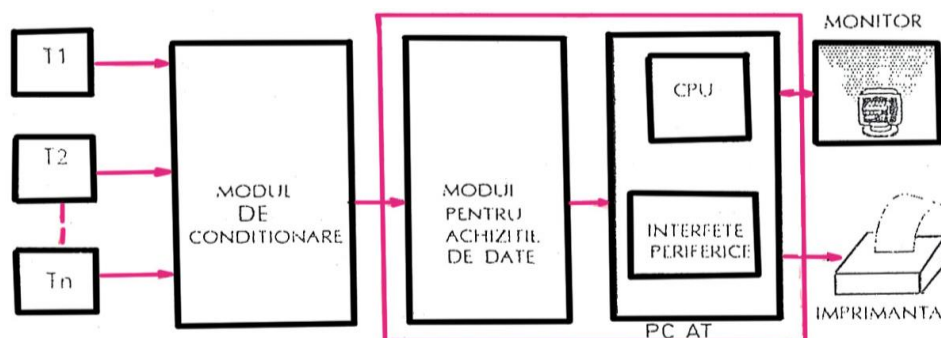


Fig. 4.55. Schema bloc funcțională a culegerii de date în sistem informatizat-automatizat

unde:

R_i – rezerva de apă din sol în ziua i (mm sau m^3/ha);

P_u – precipitațiile valorificate;

R_{i+1} – rezervă de apă din sol în ziua $i+1$;

ET_0 – evapotranspirația de referință;

K – coeficient de corecție a ET_0 și faza de dezvoltare a culturii urmărite;

m – norma de udare efectivă (netă);

A_f – aportul freatic, dacă stratul freatic este la mică adâncime.

Dacă relația de bilanț este folosită atât pentru prognoza udărilor, cât și pentru realizarea unor simulări, estimarea ETP se face cu diferite metode, ca Penman, Penman-Montheith, Blaney-Criddle ș.a.

Echipamentul de control destinat datelor – care poate fi de tip PC AT compatibil IMB – poate prelua și funcțiunile de calculator proces, prin modificarea (completarea) structurii hardware cu o placă (modul) pentru achiziția de date (placă DAS).

Schema bloc funcțională pentru această configurație este prezentată în fig. 4.55.

T_1, T_2, \dots, T_n reprezintă traductori, respectiv ansamble senzor – traductor, cu rol de conversie a mărimii fizice măsurate în semnal electric.

Modulul de condiționare are rolul de a converti semnalele furnizate de traductori într-un format compatibil cu modulul pentru achiziția datelor. Aceasta presupune o serie de prelucrări electronice ale acestor semnale, cum ar fi amplificarea, izolarea, filtrarea, generarea unui semnal de excitație pentru anumite tipuri de traductori, liniarizarea.

Modulul pentru achiziția datelor realizată complet sau parțial, o serie de funcțiuni cum ar fi: eșantionarea, multiplexarea, conversie analog/digitală.

În versiunile mai evoluate, acest modul poate prelua unele funcțiuni ale CPU, realizând analiza și parțial prelucrarea informației de proces.

CPU (central processing unit – unitatea centrală de prelucrare) și interferențele perifericelor împreună cu periferia standard (nefigurată) – HDD, FDD, tastatură, mouse, reprezintă configurația uzuală a unui computer de tip PC.

S-au evidențiat monitorul și imprimanta, cu rol de redare grafică a situației sinoptice a sistemului monitorizat, res-

pectiv listare, sub controlul programului (automat) sau a rapoartelor curente.

Utilizarea unui modul de achiziție de date presupune, de asemenea, un software specializat pentru pilotarea acestuia (driver). Produsele evolute din această categorie – de exemplu modulele de achiziție AT – MIO produse de Național Instruments (USA) – dispun și de ieșiri analogice și/sau digitale, capabile să furnizeze semnal de comandă pentru acționarea unor elemente de execuție, cum ar fi servo-vane sau vane solenoid.

În concluzie, *prelucrările de date* la nivelul Centrului Informațional vor consta, în principal, în:

- prelucrări de informații, prin intermediul unor programe calculator, realizate în vederea prognozei și avertizării udărilor în suprafețele irigate aferente plotului;

- prelucrări de informații în timp real de proces, realizate cu ajutorul unor echipamente și programe specializate, integrabile calculatoarelor tip PC clasice (desktop).

3/ Variante de implementare

1°. Metode actuale folosite pentru prognoza udărilor – principal, metodele folosite pentru prognoza udărilor constau în determinarea deficitului de apă – pe cale directă sau indirectă – continuându-se cu calculul aproximativ al datei de intervenție cu o nouă udare și cu evaluarea cantitativă a acesteia, în funcție de o serie de criterii prestabilite (strategii sau opțiuni de udare).

Metodele directe de determinare a deficitului de apă din sol urmăresc determinarea umidității solului, prin mijloace clasice – cum ar fi metoda gravimetrică, sau moderne – cu ajutorul umidometrelor, sonde neutronice sau teledetecție.

Pentru determinarea cu precizie și în mod continuu a valorilor momentane și a variațiilor umidității solului în cadrul plot-pilot se poate utiliza o rețea de umidometre Bouyoucos, a căror amplasare în teritoriul plot pilot este reprezentată ca exemplu în fig. 4.50. Pentru urmărirea umidității pe profilul solului, se pot utiliza baterii de câte 3 umidometre, poziționate la trei adâncimi diferite,

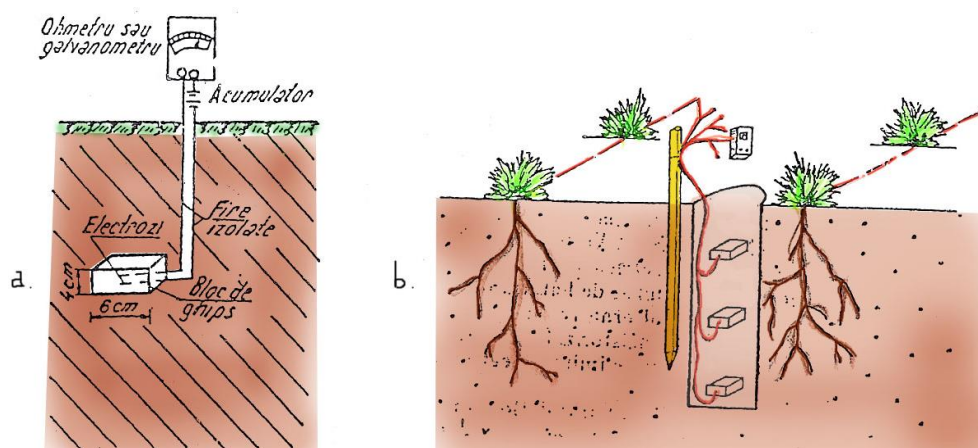


Fig. 4.56. Amplasarea umidometrelor: a) schema electrometrului Bouyoucos; b) schema de amplasare a blocurilor absorbante de ghips

conform fig. 4.56.

Cele trei adâncimi corespund dezvoltării maxime a rădăcinilor, dezvoltării cantitativ maxime a acestora și în apropierea suprafeței solului.

Variația umidității blocului de ipsos – care reprezintă senzorul de umiditate – este convertită în semnal electric cu ajutorul electrozilor implantați și transmisă aparatului de măsură (ohmetrul) – local, sau către echipamentul de calcul destinat achiziției datelor – la distanță. Echipamentul de măsură trebuie eșalonat pentru fiecare situație (amplasament și tip de sol) în parte, fiind necesară stabilirea valorilor rezistenței ohmice a blocului de ipsos – senzor – corespunzătoare capacității de ofilire (C_0) și respectiv 400-600 Ω corespunzător umidității solului la capacitatea de câmp (C_c).

Schema de conectare electrică pentru ansamblul umidometrelor amplasate în teritoriul plot-pilot este prezentată în fig. 4.57 (schema bloc).

Variația rezistivității elementelor sesizoare – blocuri de ipsos – este prelucrată succesiv prin blocurile de multiplexare, amplificare (A_{mp}), eșantionare/blocare (E/B) și conversie analog/numerică (CAN), sub controlul logicii de control (LC).

În suprafața punctată este prezentată schematic interfața de măsură (modulul de achiziție); semnalul de

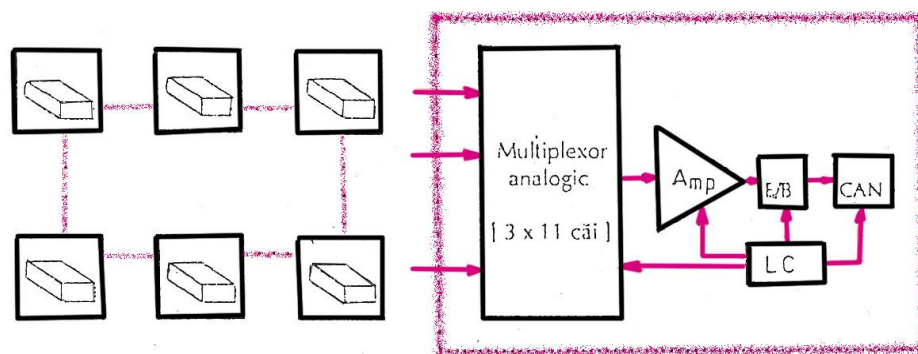


Fig. 4.57. Schema de conectare electrică

ieșire din interfață este prelucrat în continuare de către CPU (unitatea centrală de prelucrare), în cadrul echipamentului de calcul al CI (centrului informațional).

Traductorul primar (senzorul) poate fi deci de tip rezistiv, precum și capacitiv (fig. 4.58).

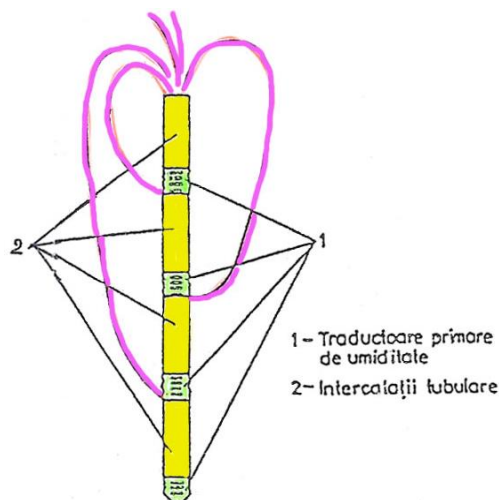


Fig. 4.58. Traductorul capacitiv de umiditate

Rezerva de umiditate în stratul de sol cu grosimea t și suprafața S se poate determina cu relația:

$$U = \int_t \int_s w(t,s) ds dt$$

unde:

$w(t,s)$ – umiditatea în punctul de control al câmpului.

În cazul utilizării unui singur traductor, este necesară selectarea cu mare atenție a suprafeței reprezentative. Alegerea suprafeței se face pe baza analizei statistice a parametrilor hidrofizici din aria studiată.

În cazul amplasării traductoarelor în zone prestabilite, se poate utiliza schema electronică din fig. 4.58 pentru sumarea și ponderea semnalelor provenite de la acestea, astfel încât semnalul de ieșire al montajului electronic să reprezinte valoarea momentană a umidității solului pentru ansamblul suprafeței.

În schema prezentată în fig. 4.59, umidometrele A constituie sursa primară de semnal, care se aplică prin intermediul blocului de rezistențe R_1 - R_{10} pe intrarea amplificatorului operațional (C). Circuitul integrat poate fi de tip KIUT 4014 sau echipament, în montaj tip sumator.

Alimentarea montajului se face de la o sursă stabilizată de $9 V_{cc}$, conexiunile dintre umidometre și blocul B (sumator) efectuându-se prin linii de cablu de legătură montate staționar la o adâncime de 0,6-0,8 m.

Metodele indirecte de determinare a deficitului de apă în sol, respectiv a consumului zilnic de apă al culturilor, urmăresc o corelare a consumului de apă din sol cu mai

mulți factori climatici, cu particularitățile culturii și faza de dezvoltare a acesteia.

Pentru determinarea evapotranspirației culturilor se utilizează, în multe sisteme hidroameliorative din țara noastră, evaporimetrul BAC clasa A. Această metodă are precizie scăzută pentru estimări zilnice, datorită utilizării unor coeficienți de corecție estimați pe intervale lunare, de aici apărând necesitatea analizei altor metode, larg folosite în alte țări.

În continuare se prezintă pe scurt câteva dintre aceste metode.

1. Metoda Penman modificată de Doorembros și Pruitt

Se determină inițial evaporația culturii de referință, care apoi se corectează cu coeficienții culturali.

$$ET_0 = W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(U) \cdot (e_a - e_d) \quad (\text{mm/zi}) \quad (15)$$

unde:

– ET_0 – evapotranspirația culturii de referință (mm/zi);

– W – factor gravitațional, în funcție de temperatura medie și altitudine;

– R_n – radiația netă redată în evaporație echivalentă (mm/zi);

– $W \cdot R_n + (1 - W)$ – termenul radiației;

– $f(U)$ – funcție de viteză a vântului la înălțimea de 2 m (U_2);

$$f(U) = 0,27 (1 + U_2/100);$$

– $(e_a - e_d)$ – diferența între presiunea vaporilor de saturație (e_a) la temperatura medie a aerului și presiunea reală a vaporilor din aer;

– $f(U) (e_a - e_d)$ – termenul aerodinamic.

Radiația netă (R_n) a fost definită ca fiind diferența dintre radiația primită și cea reflectată:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (16)$$

unde:

– R_{ns} – radiația solară netă de unde scurte (mm/zi);

$$R_{ns} = (1 - \alpha) \cdot R_s;$$

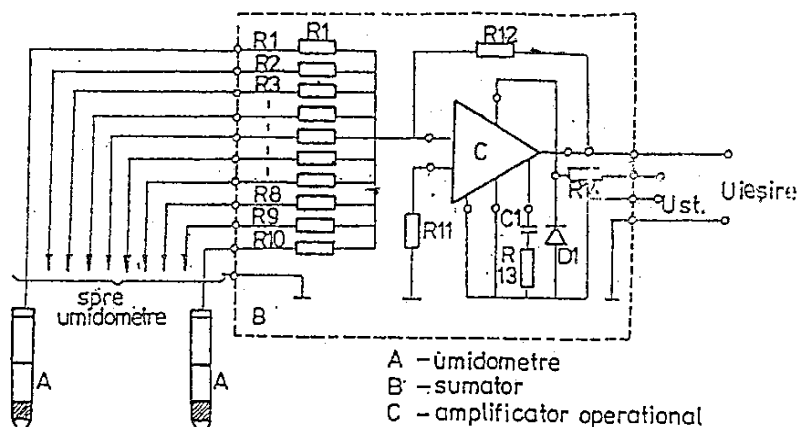


Fig. 4.59. Schema sistemului electronic de măsură

– R_s – radiația solară (mm/zi);

$$R_s = (0,25 + 0,50 \cdot n/N) \cdot R_a;$$

– R_a – radiația extraterestră (mm/zi);

– n/N – raportul între orele reale de strălucire a soarelui și numărul maxim posibil de ore de strălucire a soarelui;

– α – reflexia radiației = 0,25;

– R_{nl} – radiația solară netă de unde lungi (mm/zi).

$$R_{nl} = f(t) \cdot f(cd) \cdot f(n/N) \quad (17)$$

unde:

– $f(t), f(cd), f(n/N)$ – funcții ce reprezintă corecții de temperatură, de presiune a vaporilor, nebulozitate;

– $f(U)$ – radiația solară (mm/zi);

$$R_s = (0,25 + 0,50 \cdot n/N) \cdot R_a;$$

– R_a – radiația extraterestră (mm/zi);

– n/N – raportul între orele reale de strălucire a soarelui și numărul maxim posibil de ore de strălucire a soarelui.

Pentru evaluarea localizată a ET_0 , se efectuează corecțiile corespunzătoare, referitoare la:

- viteza vântului în timpul zilei (m/sec);

- raportul dintre viteza vântului de zi și de noapte;

- umiditatea relativă maximă – Rh_{\max} (%);

- radiația solară de unde scurte – R_{ns} (mm/zi).

3. Metoda FAO (Blaney și Criddle)

Formula de determinare a evapotranspirației culturii de referință, stabilită de Blaney-Criddle, a fost îmbunătățită în 1977 de Doorembros și Pruitt și apoi de Girardini, Kassan, Nassimbeni.

$$\begin{aligned} ET_0 = & -2,65 + 1,15 \cdot f + 0,0174 \cdot U_r + 0,152 \cdot v - \\ & -0,0104 \cdot f \cdot U_r + 0,678 \cdot f \cdot N + 0,0517 \cdot f \cdot v - \\ & -0,0037 \cdot U_r \cdot v \end{aligned} \quad (18)$$

Factorul f se determină cu relația:

$$f = p \cdot (0,46 \cdot T + 8),$$

unde:

T – temperatura zilnică;

$$p = 0,274 - 0,0756 \cdot \cos [2\pi / 365 (D + 10)]$$

D – numărul de zile din an în care se face calcul;

U_r (%) – umiditate relativă a aerului;

v – viteza vântului (m/s);

N – nebulozitate relativă.

Studiile ulterioare (Giardini și Finocchio – 1987, Nassimbeni – 1990) au arătat că această relația supraestimează cu 10% valorile reale ale evapotranspirației culturii de referință.

Deci evapotranspirația culturii de referință va fi:

$$ET_{oc} = 0,9 \cdot ET_0 \text{ iar evapotranspirația maximă a culturii: } ET_m = ET_{oc} \cdot ET_0.$$

Pentru stabilirea coeficientului de corecție, studiile efectuate (Giardini și Finocchio – 1987) au condus la relații de tip exponențial, care au variabilă numărul de ordin din an al zilei de calcul când determină evapotranspirația maximă a culturii.

Pentru **porumb**:

$$K_c = \exp(-16,71 + 7947 / D - 1198235 / D^2 + 5,6 \cdot e + 0,7 / D^3)$$

în care:

D este ziua de calcul din an, cuprinsă între 110 și

273.

Pentru **soia**:

$$K_c = \exp(-20,212 + 9628 / D - 1463119 / D^2 + 3,82 \cdot e + 0,7 / D^3)$$

în care D poate lua valori între 121 și 273.

Pentru **cereale de toamnă și primăvară**:

$$K_c = -3472 + 0,07005 \cdot D - 0,0002706 \cdot D^3$$

cu D cuprins între 91 și 181.

Evapotranspirația efectivă a culturilor se poate considera a fi egală cu Et_m când umiditatea solului este cuprinsă între nivelul capacității de câmp C_c și plaful minim de umiditate, calculat cu relația:

$$UZ = PA + AD(1 - Z) \cdot P$$

unde:

– PA – umiditatea solului în punctul de ofilire;

$$PA = P_{af}(1 - S);$$

– PA_{af} – punctul de ofilire;

– S – procentul de porozitate al solului;

$$Z = RFU_m / RU;$$

– RFU_m – rezervă de apă ușor utilizabilă de către plantă;

– RU – rezerva de apă maximă acestei plante.

4. Determinarea normelor de udare

Norma de udare se poate calcula cu relația:

$$m_{\max} = 100 \cdot H \cdot G_v (C_c - P_{\min}) \quad (19)$$

unde:

– m_{\max} – norma maximă de udare (mc/ha);

– H – grosimea stratului activ de sol care se udă (m);

– G_v – greutatea volumetrică a stratului activ de sol (t/mc);

– C_c – capacitatea de câmp pentru apă (% din greutatea solului uscat);

– P_{\min} – plafonul minim (% din greutatea solului uscat).

În condițiile țării noastre, normele de udare au valori mijlocii (600-400 mc/ha) pentru solurile cu textură ușoară sau grea din zonele umede și valori mari (600-1000 mc/ha) pe soluri cu textură grea din zonele aride.

Valoarea minimă a normei de udare nu poate fi mai mică de 200 mc/ha, pentru că în cercetările de teren s-a observat că sub această limită apa nu mai poate fi repartizată uniform pe suprafața terenului.

Normele de udare cu valori între 300 și 500

mc/ha permit menținerea în permanență a unui strat de sol ce poate înmagazina ploile survenite.

Cu cât precipitațiile sunt mai bine valorificate cu atât cantitățile de apă necesare pentru irigare se micșorează.

Aceste valori mai mici ale normelor de udare implică timpi de distribuție mai mici, cantitățile de apă însumate pe plot fiind mai reduse, permițând eşalonarea lor în timp, ceea ce conduce la îmbunătățirea randamentelor hidraulice și energetice.

Aplicarea udărilor depinde și de instalațiile de udare utilizate de către beneficiari. În cazul dotării beneficiarilor de teren cu instalații de udare cu tambur (autodeplasabile) forța de muncă necesară distribuirii normelor de udare mai mici nu crește cu un volum semnificativ care să influențeze în mod negativ costul udărilor.

Dacă însă se folosesc echipamente cu deplasare manuală, udările cu norme mai mici sunt costisitoare, scăzând eficiența udărilor, ceea ce conduce la recomandarea de a mări normele de aplicare la o udare.

3° Cerințele pentru optimizarea avertizării udărilor în exploatarea plotului, prin Centrul Informațional

Pentru desfășurarea activității de exploatare a plotului este necesară întocmirea graficelor de udare, pe baza cărora să se planifice funcționarea stației de pompare, repartizarea echipamentelor de udare, a forței de muncă, consumului de energie etc.

Pentru ameliorarea exploatării, graficele de udare primare – alcătuite pentru fiecare beneficiar în parte – se prelucrează, realizându-se astfel coordonarea acestora.

Această activitate se face ca din graficele de udare să dispară vârfurile sau depresiunile de consum. Pentru a se realiza aceste modificări, se acționează asupra momentelor de timp de declanșare a udărilor, modificarea duratei de aplicare și a normei de udare.

Totodată aceste cerințe trebuie corelate cu cerința aplicării udărilor la „cerere”, obiectiv prioritar în condițiile unei agriculturi private.

Aceste cerințe – aparent contradictorii – de planificare a udărilor și, respectiv, de distribuție a apei la „cerere”, se pot concorda dacă nu se pierde din vedere finalitatea activității de irigare, respectiv compensarea deficitului hidric al culturilor irigate.

În acest cadru, Centrul Informațional poate realiza funcțiunea de adaptare și corelare a cerințelor beneficiarilor de teren din cadrul plotului cu planul și disponibilitățile momentane de resurse ale sistemului hidroameliorativ.

În acest scop este necesară realizarea dialogului operativ cu beneficiarii de apă arondați rețelei de dis-

tribuție a apei, dialog ce se poate realiza în două etape:

- pe baza datelor existente la nivelul Centrului Informațional se alcătuiește prognoza cu privire la necesarul de apă al culturilor irigate pentru intervalul imediat următor;

- această informație se comunică către beneficiari, solicitându-li-se acestora acordul cu privire la programul propus; pe baza răspunsurilor beneficiarilor se replanifică și se aprobă varianta finală a graficului de udare pentru intervalul următor de timp.

În funcție de condițiile concrete de exploatare, planul aprobat poate permite modificări ale momentelor de declanșare a udărilor, în condițiile respectării normelor de consum reciproc acceptate.

Organizarea bazei software (de date și programe) a Centrului Informațional și realizarea mijloacelor de transmitere a informației între beneficiari și centru creează condițiile realizării acestui dialog operativ, premisă a exploatării optimizate a plotului de irigații.

4° Alcătuirea graficelor de udare pentru fiecare cultură

Datele de intrare necesare pentru alcătuirea graficelor de udare sunt:

- echipamentul de udare folosit la hidrantul / priza de la care se udă cultura respectivă;
- suprafața ocupată de cultură;
- norma maximă de udare;
- consumul prognozat de apă al plantei.

Graficul se alcătuiește în limita valorilor limită, maxime (capacitatea de câmp, C_c) și minime (plafonul minim, P_{\min}), corespunzător fiecărei faze de dezvoltare a culturii.

Pe baza valorii prognozate a umidității se determină cea mai târzie dată posibilă de terminare a udării, T_t , care se află la intersecția curbei de variație a umidității cu curba plafonului minim. Cunosându-se norma de udare și timpul de udare se determină data începerii udării, T_i .

Variația datei de începere a udării T_i , funcție de intersecția prelungirii curbei de variație a udării, T_i' deplasată cu valoarea normei de udare, determină cea mai timpurie dată de începere a udării, T_i'' .

Mărimea intervalului de variație a datei de începere a udării, ΔT are expresia:

$$\Delta T = T_t - T_i'' - T_i' \quad (20)$$

Intervalul de variație a începerii udărilor este limitat, funcție de cultură, de exemplu;

- cereale < 9 zile;
- ierburi perene și plante tehnice < 10 zile;
- legume < 5 zile.

Astfel, graficul udărilor pentru o cultură, are forma din fig. 4.60.

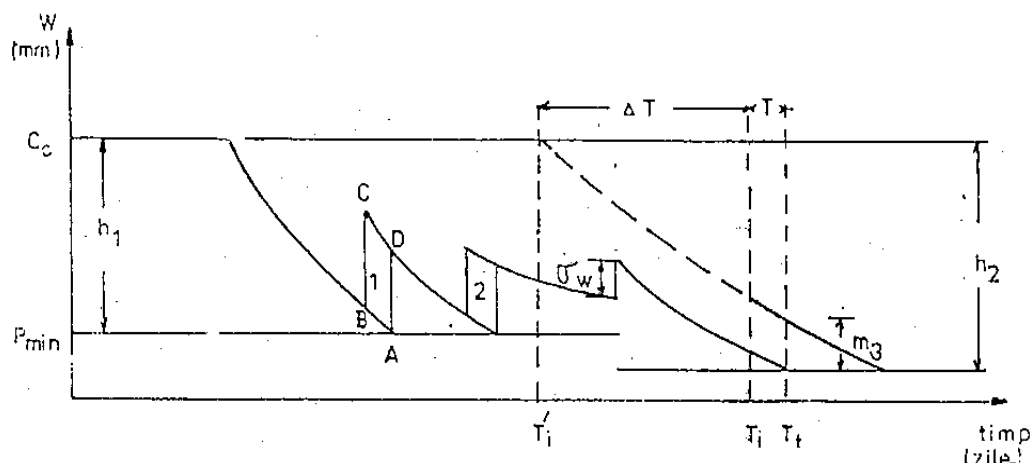


Fig. 4.60. Graficul udărilor

unde:

- T_i - cea mai timpurie dată posibilă de începere a udărilor;
- T_i - data începerii udării;
- T_t - cea mai târzie dată posibilă de terminare a udării;
- m_3 - norma de udare la a 3-a udare;
- ΔT - variația maximă posibilă a datei de începere a udării;
- σ_w - variația umidității datorită modificării adâncimii stratului radicular;
- h_1, h_2 - intervalele rezervei de umiditate din sol determinate de C_c și P_{min} .

4.2.6. SPECIFICAȚII SOFTWARE PENTRU DISPECERIZAREA ÎN SISTEM INFORMATIZAT

Software-ul aferent postului dispecer computerizat trebuie să îndeplinească o serie de funcțiuni acoperitoare pentru condițiile specifice de pilotare a irigațiilor în cadrul plot pilot:

- urmărirea parametrilor (componentelor) bilanțului hidric în suprafețele aferente plotului. La nivelul software, această funcțiune se implementează în cadrul fișierelor / baze de date, actualizate permanent prin achiziția datelor în timp real sau prin introducerea periodică (zilnică), pe baza măsurătorilor citite în teren, de către operatorul calculator;
- urmărirea stării tehnice și funcționale a componentelor schemei hidrotehnice, cu stocarea informațiilor caracteristice, privitoare la starea agregatelor și echipamentelor, inclusiv cele referitoare la defecțiuni, avarii, planificarea operațiunilor de întreținere și reparații;
- urmărirea parametrilor funcționali ai schemei hidrotehnice (debite, presiuni, volume de apă pompată, energie electrică consumată), în timp real prin introdu-

ceră periodică, respectiv ori de câte ori intervin modificări semnificative în baza de date a sistemului informatic, de către operatorul calculator;

- elaborarea, în baza informațiilor existente în baza de date a sistemului informatic, a variantelor de aplicare a udărilor, respectiv a timpilor (minim și maxim) de declanșare a udărilor pe fiecare din suprafețele individuale aferente plotului-pilot, a volumelor ce urmează a fi distribuite, planificarea utilizării tehnicii de udare și a forței de muncă;

- evidența computerizată a activităților și elaborarea indicatorilor sintetici, tehnici și economici, necesari pentru întocmirea situațiilor de lucrări, planificarea resurselor, necesarului de piese de schimb, analiza statistică;

- întocmirea de situații (listinguri) necesare pentru monitorizarea funcționării sistemului, buletin informativ pentru beneficiari.

4.2.7. POSIBILITĂȚI DE AUTOMATIZARE TOTALĂ ÎN CADRUL PLOTULUI-PILOT

Dotarea corespunzătoare – cu echipamente și software – a Centrului Informațional permite, la nivelul tehnologiilor informatice actuale, realizarea automatizării totale a proceselor de udare pe suprafețele irigate aparținând de plot-pilot.

Necesitățile de echipamente se referă la:

- *sistemul de echipamente pentru colectarea automată a datelor din teren*; acest sistem are rolul de a culege, sub controlul unui program implementat la nivelul Centrului Informațional, ansamblul parametrilor necesari elaborării deciziilor de aplicare a udărilor. După cum s-a arătat anterior, aceste informații se referă la:

- valoarea momentană și variația în timp a umidității solului în suprafețele irigate;
- valorile parametrilor meteo-climatici;
- valorile parametrilor tehnologici ai rețelei de transport a apei, a SPP și ale celorlalte construcții hidrotehnice (nivele, debite, presiuni).

- *sistemul de echipamente pentru comanda și controlul automat al distribuției apei*; aceste echipa-

mente sub controlul calculatorului de la Centrul Informațional, au rolul de a executa, în conformitate cu programul prestabilit de distribuție a apei, comenzile primite.

În acest scop, sistemul de echipamente va trebui să conțină elementele necesare de execuție: electrovalve și electroventile, aparatura de măsură și control necesară verificării (controlului) execuției comenzilor transmise în mod automat, automatizarea SPP, adecvată funcționării în acest regim.

Având în vedere elementele de eficiență economică, implementarea acestor soluții trebuie analizată în corelație cu indicatorii economici specifici ai culturilor irigate.

Algoritmul de lucru al unui microsistem destinat automatizării în sistem computerizat a aplicării udărilor într-o suprafață irigată aferentă plot-pilot este pre-

zentat în fig. 4.61.

Parametrii mășurați de microsistem sunt: umiditatea solului (W_s), temperatura solului (T_s), temperatura aerului (T_A), radiația solară (R), precipitațiile (Q), viteza vântului (V_V).

Acești parametri sunt preluați, prin intermediul traductorilor corespunzători, pe anumite intervale de timp de măsură (t_{MS}), cu o pauză între măsurători succesive (t_{MP}), și introduși în memoria calculatorului.

Din schema circuitului face parte și un ceas de timp real și un temporizator pentru blocarea măsurătorilor după efectuarea udărilor (t_{MS}).

Norma și perioada de udare (M_i și t_i) sunt valori precise, memorate în computer.

În acest fel, se poate realiza corelarea cu programul de planificare a udărilor, menționat anterior.

În funcție de faza de vegetație a culturii și de profilul curbei de udare, datele preluate prin măsurare sunt comparate cu valorile de prag ale parametrilor de bază, stocați în memoria calculatorului.

În funcție de aceste valori, se poate întrerupe procesul de udare atunci când apar condiții deosebite. Astfel, dimineața, valorile critice ale umidității solului (W_{CR}) pot fi mai scăzute decât în momentele când radiația solară este mai intensă.

Intervalele de timp se pot stabili opțional, de exemplu:

$$t_{MS} = 0,15 \text{ și } t_{ms} = 1 \text{ oră.}$$

4.2.8. ADAPTAREA PLOTULUI DE IRIGAȚII DE LA MODUL DE FUNCȚIONARE PRIN „ROTAȚIE”, LA MODUL DE FUNCȚIONARE LA „CERERE”. IMPLICAȚII ASUPRA DEBITULUI ȘI REȚELEI. EXEMPLU

În acțiunea de re tehnologizare a actualelor sisteme de irigații, trecerea spre distribuția apei la „cerere” va ocupa prim loc.

Este de remarcă colaborarea dintre I.S.P.I.F. S.A. București și Catedra de Hidroameliorații din Facultatea de Hidrotehnică a Universității Tehnice Iași în acest domeniu. Materialul înscris în acest subcapitol beneficiază și de această colaborare. Exemplul luat în analiză (I.S.P.I.F. S.A.) cu privire la debitul la „cerere” privește Sistemul de irigații Calafat-Băilești (fig. 4.62) anexă planșă, care va servi și în cazul Sistemului de irigații Câmpia Buzăului.

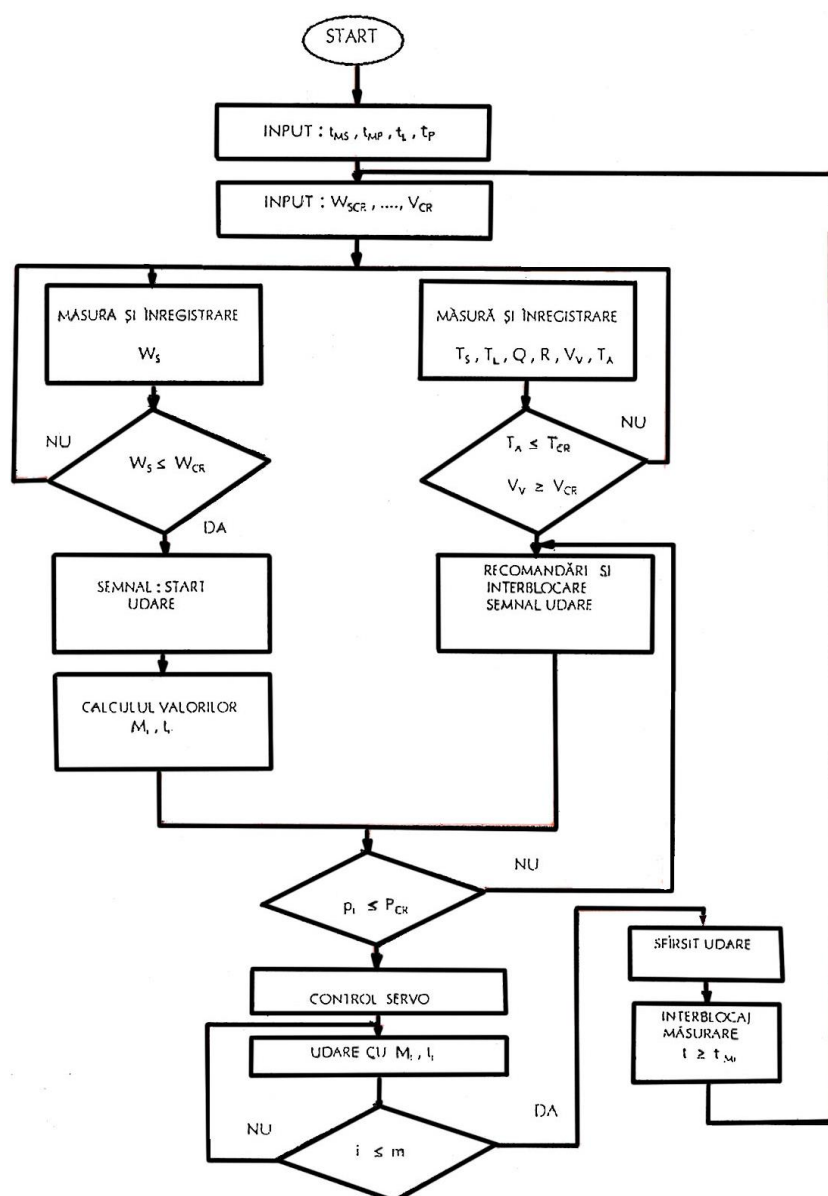


Fig. 4.61. Algoritmul automatizării unui sistem de irigații

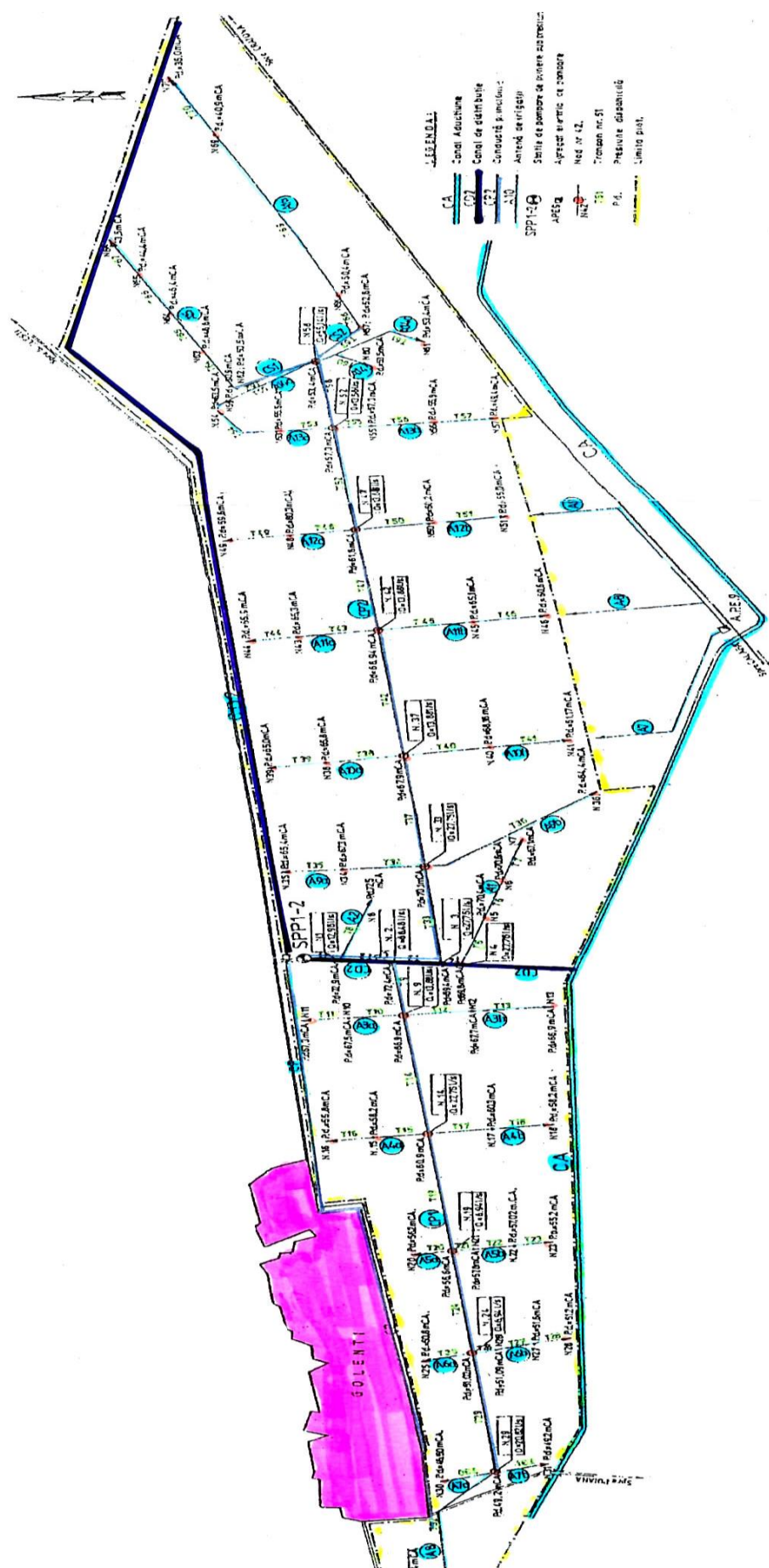


Fig. 4.62. Plot-pilot pentru calculul la „cerere” din sistemul de irigații Calafat-Băilești (Pr. I.S.P.I.F.)

Adaptarea unui plot de la modul de funcționare prin „ rotație ” la modul de funcționare la „ cerere ” ridică numeroase probleme, cunoscând că:

- debitele necesare de asigurat în modul de funcționare la „cerere” sunt mai mari decât cele necesare la irigația prin „rotație”;

- din considerente economice, trebuie folosite cât mai mult cu putință rețeaua și instalațiile existente, cu modificări cât mai puțin costisitoare pentru adaptarea la modul de funcționare la „cerere”;

- calitățile serviciilor asigurate utilizatorilor de apă trebuie îmbunătățite în permanență, la debite necesare, la presiuni cerute de tehnica de udare sau alte folosințe;

- trebuie avută în vedere contorizarea volumelor de apă preluate de utilizatori în scopul evitării risipei de apă și a conflictelor de interese;

- pregătirea utilizatorilor de apă și a personalului de exploatare în vederea utilizării raționale a sistemului de distribuție a apei și pentru protecția mediului.

Exemplu:

Se consideră rețeaua de distribuție a apei existentă – fig. 4.62 – cu folosirea echipamentelor proiectate pentru irigația prin „rotație”, pentru un plot-pilot realizat în Câmpia Română, putând să-l adoptăm și în Câmpia Buzăului – plot SPP7.

Debitul total necesar la SPP 1-2 este de 486 l/s, iar înălțimea proiectată de ridicare a apei este de 72 m. Prin colaborarea I.S.P.I.F. București cu Institutul Politehnic Iași, Catedra de Hidroameliorații, a fost elaborat modelul „Ceres” – corespunzător ana-

lizei rețelelor existente de dimensionare optimă prin tehnica programării liniare a rețelei cu tronsoane existente. În acest scop, a fost întocmit programul calculator ADORCSP în limbaj GWBASIC, editat și tastat pe un calculator personal AT-486, în maniera de utilizare conversațională și cu performanțe superioare prin folosirea fișierelor cu acces direct.

Structura programului constă dintr-un modul principal care apelează la o serie de subrutine cu funcții specifice – citirea datelor inițiale, selectarea automată din seria diametrelor, calculul pierderilor de sarcină unitare, generarea automată a problemei de programare liniară, rezolvarea ei, afișarea și interpretarea soluției, calculul cotelor piezometrice și a presiunilor disponibile la noduri în soluția optimă. Timpul de calcul depinde de numărul variantelor independente și cel al restricțiilor, variind de la câteva minute la câteva zeci de minute.

Considerând valorile și distribuția debitelor de consum pe rețeaua existentă, a fost efectuat calculul hidraulic al rețelei cu ajutorul programului ADORCSP, rezultând presiunile disponibile la noduri, prezentate în fig. 4.62. Rezultatele calculului sunt prezentate în anexa 1.

În calcul au fost asigurate următoarele valori pentru coeficientul rugozității absolute echivalente:

- conducte din PVC: $K = 0,00008 \text{ m}$;
- conducte din azbociment: $K = 0,00005 \text{ m}$;
- conducte PREMO: $K = 0,00025 \text{ m}$.

Pierderile liniare de sarcină au fost calculate după formula Darcy – Weissbach, în care coeficientul de rezistență al pierderilor de sarcină distribuite a fost determinat din relația Colebrook – White.

Pentru determinarea debitului de distribuție a apei la „cerere” se consideră parametrii:

- doza (norma) de udare a lunii de vârf;
- echiparea rețelei de distribuție cu borne de irigație cu mai multe prize – cu limitatoare de debit și de presiune și cu contorizarea volumelor de apă livrate;
- se analizează posibilitatea adaptării rețelei existente la irigarea la „cerere”, caz în care necesarul de apă în rețea depinde și de structura rețelei de distribuție;
- relația de bază a calculului debitului la „cerere” – relația Clément:

$$Q_c = \frac{Q}{R} (1+U) \sqrt{\frac{q_p r}{Q}} - \frac{1}{n} \text{ l/s}$$

$$Q = \frac{mS}{86,Te} \text{ l/s}$$

în care:

Q - debit continuu

m - norma lunară de irigație (mc/s lună);

S - suprafața deservită de conductă (ha);

T_e - numărul de zile de udare pe lună;

r - randamentul folosirii timpului de lucru;

n - numărul de prize pe suprafața deservită de conductă;

q_p - debitul unei prize (l/s);

U - parametru cu valori în funcție de probabilitatea de funcționare normală a rețelei (conduței), F .

În calculul debitului la „cerere”, în rețea s-au considerat următoarele valori: $m = 1400 \text{ mc/ha lună}$; $T_e = 26 \text{ zile}$; $r = 22/24 = 0,91$; $F = 95\%$; $U = 1,645$; $q_p = 50 \text{ mc/ha} = 13,88 \text{ l/s}$.

Debitele la „cerere” în rețea, calculate, sunt prezentate în tabelul nr. 4.5.

Se consideră cazul cel mai defavorabil corespunzător echipării cu borne de irigație cu două prize de apă, amplasate la locul hidranților, la distanța de 72 m, una de alta. Bornele pot fi de tip BIR 152/100, prevăzute cu prize CORELY 150 R 45, cu debitul unei prize de $50 \text{ mc/h} = 13,88 \text{ l/s}$, cu presiunea reglabilă de 3-4 bari. În această ipoteză, au rezultat, din calcul, valorile debitelor necesare la „cerere” în rețea, prezentate în tabelul nr. 4.5. Valorile acestora sunt acoperitoare pentru cazurile parcelării în diferite proporții a terenului.

Păstrându-se forma rețelei existente, cu distribuția apei la „cerere”, a rezultat debitul la SPP1-2 cu valoarea de 597 l/s, iar debitele de consum în nodurile 1, 2, 3, 4, 9, 14, 19, 24, 29, 33, 37, 42, 47, 52, 58, sunt prezentate în tabelul nr. 4.5. În urma rulării programului ADORCSP au rezultat presiunile disponibile prinse în Anexa 1.

Fiecare beneficiar se alimentează de la o priză de apă a unei borne comune sau individuale, sau de la mai multe borne, funcție de suprafața și puterea economică. În acest mod frecvent pentru micile proprietăți și în cazul deservirii duble, bornele de irigație se amplasează pe hotar, iar în cazul proprietăților mari, în centrul suprafeței.

Rețeaua x

Numărul de tronsoane 70 Număr noduri interioare 70

Anexa 1

Număr noduri rezervoare 1

Date inițiale referitoare la tronsoane

1	Trons.	T1	SPP 1-2	D (mm) = 600	K (m) = 0,000250
2	Trons.	T2	1-2	D (mm) = 600	K (m) = 0,000250
3	Trons.	T3	2-3	D (mm) = 600	K (m) = 0,000250
4	Trons.	T4	3-4	D (mm) = 600	K (m) = 0,000250
5	Trons.	T5	4-5	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
6	Trons.	T6	5-6	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
7	Trons.	T7	6-7	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
8	Trons.	T8	1-8	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
9	Trons.	T9	2-9	D (mm) = 350	K (m) = 0,000050
10	Trons.	T10	9-10	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
11	Trons.	T11	10-11	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
12	Trons.	T12	9-12	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
13	Trons.	T13	12-13	D (mm) = 125	K (m) = 0,000010
14	Trons.	T14	9-14	D (mm) = 300	K (m) = 0,000050
15	Trons.	T15	14-15	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
16	Trons.	T16	15-16	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
17	Trons.	T17	14-17	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
18	Trons.	T18	17-18	D (mm) = 125	K (m) = 0,000010
19	Trons.	T19	14-19	D (mm) = 300	K (m) = 0,000050
20	Trons.	T20	19-20	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
21	Trons.	T21	19-21	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
22	Trons.	T22	21-22	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
23	Trons.	T23	22-23	D (mm) = 125	K (m) = 0,000010
24	Trons.	T24	19-24	D (mm) = 250	K (m) = 0,000050
25	Trons.	T25	24-25	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
26	Trons.	T26	24-26	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
27	Trons.	T27	26-27	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
28	Trons.	T28	27-28	D (mm) = 125	K (m) = 0,000010
29	Trons.	T29	24-29	D (mm) = 250	K (m) = 0,000050
30	Trons.	T30	29-30	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
31	Trons.	T31	29-31	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
32	Trons.	T32	29-32	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
33	Trons.	T33	3-33	D (mm) = 600	K (m) = 0,000250
34	Trons.	T34	33-34	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
35	Trons.	T35	34-35	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
36	Trons.	T36	33-36	D (mm) = 125	K (m) = 0,000010
37	Trons.	T37	33-37	D (mm) = 600	K (m) = 0,000250
38	Trons.	T38	37-38	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
39	Trons.	T39	38-39	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
40	Trons.	T40	37-40	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
41	Trons.	T41	40-41	D (mm) = 125	K (m) = 0,000010
42	Trons.	T42	37-42	D (mm) = 600	K (m) = 0,000250
43	Trons.	T43	42-43	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050

44	Trons.	T44	43-44	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
45	Trons.	T45	42-45	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
46	Trons.	T46	45-46	D (mm) = 125	K (m) = 0,000010
47	Trons.	T47	42-47	D (mm) = 400	K (m) = 0,000250
48	Trons.	T48	47-48	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
49	Trons.	T49	48-49	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
50	Trons.	T50	47-50	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
51	Trons.	T51	50-51	D (mm) = 125	K (m) = 0,000010
52	Trons.	T52	47-52	D (mm) = 350	K (m) = 0,000050
53	Trons.	T53	52-53	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
54	Trons.	T54	53-54	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
55	Trons.	T55	52-55	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
56	Trons.	T56	55-56	D (mm) = 150	K (m) = 0,000050
57	Trons.	T57	56-57	D (mm) = 125	K (m) = 0,000010
58	Trons.	T58	52-58	D (mm) = 300	K (m) = 0,000050
59	Trons.	T59	58-59	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
60	Trons.	T60	58-60	D (mm) = 125	K (m) = 0,000010
61	Trons.	T61	58-61	D (mm) = 125	K (m) = 0,000010
62	Trons.	T62	58-62	D (mm) = 250	K (m) = 0,000050
63	Trons.	T63	58-67	D (mm) = 250	K (m) = 0,000050
64	Trons.	T64	62-63	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
65	Trons.	T65	63-64	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
66	Trons.	T66	64-65	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
67	Trons.	T67	65-66	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
68	Trons.	T68	67-68	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
69	Trons.	T69	68-69	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050
70	Trons.	T70	69-70	D (mm) = 200	K (m) = 0,000050

Date inițiale referitoare la nodurile interioare

1	Nod int.	1	Debit nod = 0,012960	Cota teren (m) = 62,400
2	Nod int.	2	Debit nod = -0,068480	Cota teren (m) = 61,800
3	Nod int.	3	Debit nod = -0,027760	Cota teren (m) = 63,750
4	Nod int.	4	Debit nod = 0,027760	Cota teren (m) = 63,800
5	Nod int.	5	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 62,600
6	Nod int.	6	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 61,500
7	Nod int.	7	Debit nod = 0,027760	Cota teren (m) = 61,800
8	Nod int.	8	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 61,700
9	Nod int.	9	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 64,600
10	Nod int.	10	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 63,500
11	Nod int.	11	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 63,450
12	Nod int.	12	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 62,750

13	Nod int.	13	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 61,000
14	Nod int.	14	Debit nod = 0,027760	Cota teren (m) = 62,300
15	Nod int.	15	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 64,400
16	Nod int.	16	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 66,500
17	Nod int.	17	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 62,250
18	Nod int.	18	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 62,000
19	Nod int.	19	Debit nod = 0,006940	Cota teren (m) = 62,750
20	Nod int.	20	Debit nod = 0,006940	Cota teren (m) = 63,100
21	Nod int.	21	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 61,500
22	Nod int.	22	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 61,700
23	Nod int.	23	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 62,000
24	Nod int.	24	Debit nod = 0,006940	Cota teren (m) = 63,750
25	Nod int.	25	Debit nod = 0,006940	Cota teren (m) = 63,900
26	Nod int.	26	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 63,600
27	Nod int.	27	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 62,450
28	Nod int.	28	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 61,600
29	Nod int.	29	Debit nod = 0,020820	Cota teren (m) = 63,000
30	Nod int.	30	Debit nod = 0,006940	Cota teren (m) = 63,500
31	Nod int.	31	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 62,000
32	Nod int.	32	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 62,150
33	Nod int.	33	Debit nod = 0,027760	Cota teren (m) = 61,880
34	Nod int.	34	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 63,500
35	Nod int.	35	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 65,200
36	Nod int.	36	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 61,250
37	Nod int.	37	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 62,800
38	Nod int.	38	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 64,250
39	Nod int.	39	Debit nod = 0,020820	Cota teren (m) = 64,500
40	Nod int.	40	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 62,050
41	Nod int.	41	Debit nod = 0,020820	Cota teren (m) = 61,600
42	Nod	42	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 62,600

int.				
43	Nod int.	43	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 63,600
44	Nod int.	44	Debit nod = 0,020820	Cota teren (m) = 62,500
45	Nod int.	45	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 62,000
46	Nod int.	46	Debit nod = 0,020820	Cota teren (m) = 61,000
47	Nod int.	47	Debit nod = 0,013880	Cota teren (m) = 62,350
48	Nod int.	48	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 63,300
49	Nod int.	49	Debit nod = 0,020820	Cota teren (m) = 63,400
50	Nod int.	50	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 61,500
51	Nod int.	51	Debit nod = 0,020820	Cota teren (m) = 61,200
52	Nod int.	52	Debit nod = 0,013560	Cota teren (m) = 61,700
53	Nod int.	53	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 63,000
54	Nod int.	54	Debit nod = 0,020820	Cota teren (m) = 64,000
55	Nod int.	55	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 61,500
56	Nod int.	56	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 60,500
57	Nod int.	57	Debit nod = 0,020820	Cota teren (m) = 60,740
58	Nod int.	58	Debit nod = 0,055140	Cota teren (m) = 61,300
59	Nod int.	59	Debit nod = 0,006940	Cota teren (m) = 63,700
60	Nod int.	60	Debit nod = 0,000700	Cota teren (m) = 61,200
61	Nod int.	61	Debit nod = 0,006940	Cota teren (m) = 60,500
62	Nod int.	62	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 63,500
63	Nod int.	63	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 61,400
64	Nod int.	64	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 64,050
65	Nod int.	65	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 64,550
66	Nod int.	66	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 65,000
67	Nod int.	67	Debit nod = 0,034700	Cota teren (m) = 65,450
68	Nod int.	68	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 61,750
69	Nod int.	69	Debit nod = 0,000000	Cota teren (m) = 63,000
70	Nod int.	70	Debit nod = 0,048580	Cota teren (m) = 63,500

Date inițiale referitoare la nodurile rezervoare

1 Nod rezervor SPP1 Cota piezometrică (m) = 136

REZULTATE CALCUL

Debite, viteze și pierderi de sarcină pe tronsoane

1	Trons.	T1	Debit (mc/s) =	0,6246	v (m/s) =	2,210	hr (mca) =	0,684
2	Trons.	T2	Debit (mc/s) =	0,5978	v (m/s) =	2,115	hr (mca) =	1,066
3	Trons.	T3	Debit (mc/s) =	0,4580	v (m/s) =	1,621	hr (mca) =	0,556
4	Trons.	T4	Debit (mc/s) =	0,0555	v (m/s) =	0,196	hr (mca) =	0,004
5	Trons.	T5	Debit (mc/s) =	0,0278	v (m/s) =	0,884	hr (mca) =	0,659
6	Trons.	T6	Debit (mc/s) =	0,0278	v (m/s) =	0,884	hr (mca) =	0,793
7	Trons.	T7	Debit (mc/s) =	0,0278	v (m/s) =	1,572	hr (mca) =	3,325
8	Trons.	T8	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,786	hr (mca) =	1,054
9	Trons.	T9	Debit (mc/s) =	0,2082	v (m/s) =	2,165	hr (mca) =	2,737
10	Trons.	T10	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,786	hr (mca) =	0,483
11	Trons.	T11	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,442	hr (mca) =	0,247
12	Trons.	T12	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,786	hr (mca) =	0,965
13	Trons.	T13	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	1,132	hr (mca) =	2,599
14	Trons.	T14	Debit (mc/s) =	0,1666	v (m/s) =	2,358	hr (mca) =	8,310
15	Trons.	T15	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,786	hr (mca) =	0,579
16	Trons.	T16	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,442	hr (mca) =	0,247
17	Trons.	T17	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,786	hr (mca) =	0,579
18	Trons.	T18	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	1,132	hr (mca) =	2,599
19	Trons.	T19	Debit (mc/s) =	0,1110	v (m/s) =	1,572	hr (mca) =	3,831
20	Trons.	T20	Debit (mc/s) =	0,0069	v (m/s) =	0,221	hr (mca) =	0,050
21	Trons.	T21	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,442	hr (mca) =	0,070
22	Trons.	T22	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,786	hr (mca) =	0,579
23	Trons.	T23	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	1,132	hr (mca) =	1,516
24	Trons.	T24	Debit (mc/s) =	0,0833	v (m/s) =	1,697	hr (mca) =	4,603
25	Trons.	T25	Debit (mc/s) =	0,0069	v (m/s) =	0,221	hr (mca) =	0,050
26	Trons.	T26	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,442	hr (mca) =	0,070
27	Trons.	T27	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,786	hr (mca) =	0,579
28	Trons.	T28	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	1,132	hr (mca) =	1,299
29	Trons.	T29	Debit (mc/s) =	0,0555	v (m/s) =	1,132	hr (mca) =	2,564
30	Trons.	T30	Debit (mc/s) =	0,0069	v (m/s) =	0,393	hr (mca) =	0,202
31	Trons.	T31	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,786	hr (mca) =	0,965
32	Trons.	T32	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,786	hr (mca) =	3,016
33	Trons.	T33	Debit (mc/s) =	0,4303	v (m/s) =	1,523	hr (mca) =	1,640
34	Trons.	T34	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,786	hr (mca) =	1,158
35	Trons.	T35	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	0,442	hr (mca) =	0,252
36	Trons.	T36	Debit (mc/s) =	0,0139	v (m/s) =	1,132	hr (mca) =	6,316
37	Trons.	T37	Debit (mc/s) =	0,3748	v (m/s) =	1,326	hr (mca) =	1,351
38	Trons.	T38	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	0,663	hr (mca) =	0,595
39	Trons.	T39	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	0,663	hr (mca) =	0,533
40	Trons.	T40	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	1,179	hr (mca) =	2,472
41	Trons.	T41	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	1,697	hr (mca) =	5,454
42	Trons.	T42	Debit (mc/s) =	0,3192	v (m/s) =	1,130	hr (mca) =	1,115
43	Trons.	T43	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	0,663	hr (mca) =	0,595
44	Trons.	T44	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	0,663	hr (mca) =	0,533
45	Trons.	T45	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	1,179	hr (mca) =	2,472
46	Trons.	T46	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	1,697	hr (mca) =	5,454

47	Trons.	T47	Debit (mc/s) =	0,2637	v (m/s) =	2,100	hr (mca) =	5,380
48	Trons.	T48	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	0,663	hr (mca) =	0,595
49	Trons.	T49	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	0,663	hr (mca) =	0,533
50	Trons.	T50	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	1,179	hr (mca) =	2,472
51	Trons.	T51	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	1,697	hr (mca) =	5,454
52	Trons.	T52	Debit (mc/s) =	0,2082	v (m/s) =	2,165	hr (mca) =	5,181
53	Trons.	T53	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	0,663	hr (mca) =	0,446
54	Trons.	T54	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	0,663	hr (mca) =	1,024
55	Trons.	T55	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	0,663	hr (mca) =	0,149
56	Trons.	T56	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	1,179	hr (mca) =	2,472
57	Trons.	T57	Debit (mc/s) =	0,0208	v (m/s) =	1,697	hr (mca) =	6,174
58	Trons.	T58	Debit (mc/s) =	0,1530	v (m/s) =	2,166	hr (mca) =	4,237
59	Trons.	T59	Debit (mc/s) =	0,0069	v (m/s) =	0,221	hr (mca) =	0,111
60	Trons.	T60	Debit (mc/s) =	0,0007	v (m/s) =	0,057	hr (mca) =	0,006
61	Trons.	T61	Debit (mc/s) =	0,0069	v (m/s) =	0,566	hr (mca) =	0,793
62	Trons.	T62	Debit (mc/s) =	0,0347	v (m/s) =	0,707	hr (mca) =	0,710
63	Trons.	T63	Debit (mc/s) =	0,0486	v (m/s) =	0,990	hr (mca) =	0,499
64	Trons.	T64	Debit (mc/s) =	0,0347	v (m/s) =	1,105	hr (mca) =	1,543
65	Trons.	T65	Debit (mc/s) =	0,0347	v (m/s) =	1,105	hr (mca) =	1,543
66	Trons.	T66	Debit (mc/s) =	0,0347	v (m/s) =	1,105	hr (mca) =	1,543
67	Trons.	T67	Debit (mc/s) =	0,0347	v (m/s) =	1,105	hr (mca) =	0,418
68	Trons.	T68	Debit (mc/s) =	0,0486	v (m/s) =	1,547	hr (mca) =	2,123
69	Trons.	T69	Debit (mc/s) =	0,0486	v (m/s) =	1,547	hr (mca) =	8,251
70	Trons.	T70	Debit (mc/s) =	0,0486	v (m/s) =	1,547	hr (mca) =	4,429

Cote piezometrice și presiuni disponibile la nodurile interioare

1	Nod	1	Cota piez. (m) =	135,31640	Pres. Disp. (mca) =	72,916
2	Nod	2	Cota piez. (m) =	134,25090	Pres. Disp. (mca) =	72,451
3	Nod	3	Cota piez. (m) =	133,69440	Pres. Disp. (mca) =	69,944
4	Nod	4	Cota piez. (m) =	133,68990	Pres. Disp. (mca) =	69,890
5	Nod	5	Cota piez. (m) =	133,03060	Pres. Disp. (mca) =	70,431
6	Nod	6	Cota piez. (m) =	132,23720	Pres. Disp. (mca) =	70,737
7	Nod	7	Cota piez. (m) =	128,91240	Pres. Disp. (mca) =	67,112
8	Nod	8	Cota piez. (m) =	134,26270	Pres. Disp. (mca) =	72,563
9	Nod	9	Cota piez. (m) =	131,51380	Pres. Disp. (mca) =	66,914
10	Nod	10	Cota piez. (m) =	131,03120	Pres. Disp. (mca) =	67,531
11	Nod	11	Cota piez. (m) =	130,78470	Pres. Disp. (mca) =	67,335
12	Nod	12	Cota piez. (m) =	130,54860	Pres. Disp. (mca) =	67,799
13	Nod	13	Cota piez. (m) =	127,9500	Pres. Disp. (mca) =	66,950
14	Nod	14	Cota piez. (m) =	123,20370	Pres. Disp. (mca) =	60,904
15	Nod	15	Cota piez. (m) =	122,62640	Pres. Disp. (mca) =	58,225
16	Nod	16	Cota piez. (m) =	122,37810	Pres. Disp. (mca) =	55,878
17	Nod	17	Cota piez. (m) =	122,62460	Pres. Disp. (mca) =	60,375
18	Nod	18	Cota piez. (m) =	120,02600	Pres. Disp. (mca) =	58,026
19	Nod	19	Cota piez. (m) =	119,37310	Pres. Disp. (mca) =	56,623
20	Nod	20	Cota piez. (m) =	119,32310	Pres. Disp. (mca) =	56,223
21	Nod	21	Cota piez. (m) =	119,30270	Pres. Disp. (mca) =	57,803
22	Nod	22	Cota piez. (m) =	118,72350	Pres. Disp. (mca) =	57,024
23	Nod	23	Cota piez. (m) =	117,20770	Pres. Disp. (mca) =	55,208

24	Nod	24	Cota piez. (m) =	114,76970	Pres. Disp. (mca) =	51,020
25	Nod	25	Cota piez. (m) =	114,71970	Pres. disp. (mca) =	50,820
26	Nod	26	Cota piez. (m) =	114,69930	Pres. disp. (mca) =	51,099
27	Nod	27	Cota piez. (m) =	114,12010	Pres. disp. (mca) =	51,670
28	Nod	28	Cota piez. (m) =	112,82080	Pres. disp. (mca) =	51,221
29	Nod	29	Cota piez. (m) =	112,20530	Pres. disp. (mca) =	49,205
30	Nod	30	Cota piez. (m) =	112,00310	Pres. disp. (mca) =	48,503
31	Nod	31	Cota piez. (m) =	111,24000	Pres. disp. (mca) =	49,240
32	Nod	32	Cota piez. (m) =	109,18890	Pres. disp. (mca) =	47,039
33	Nod	33	Cota piez. (m) =	132,05410	Pres. disp. (mca) =	70,174
34	Nod	34	Cota piez. (m) =	130,89580	Pres. disp. (mca) =	67,396
35	Nod	35	Cota piez. (m) =	130,64340	Pres. disp. (mca) =	65,443
36	Nod	36	Cota piez. (m) =	125,73810	Pres. disp. (mca) =	64,488
37	Nod	37	Cota piez. (m) =	130,70320	Pres. disp. (mca) =	67,903
38	Nod	38	Cota piez. (m) =	130,10840	Pres. disp. (mca) =	65,858
39	Nod	39	Cota piez. (m) =	129,57560	Pres. disp. (mca) =	65,076
40	Nod	40	Cota piez. (m) =	128,23120	Pres. disp. (mca) =	66,181
41	Nod	41	Cota piez. (m) =	122,77730	Pres. disp. (mca) =	61,177
42	Nod	42	Cota piez. (m) =	129,58830	Pres. disp. (mca) =	66,988
43	Nod	43	Cota piez. (m) =	128,99360	Pres. disp. (mca) =	65,394
44	Nod	44	Cota piez. (m) =	128,46070	Pres. disp. (mca) =	65,961
45	Nod	45	Cota piez. (m) =	127,11640	Pres. disp. (mca) =	65,116
46	Nod	46	Cota piez. (m) =	121,66240	Pres. disp. (mca) =	60,662
47	Nod	47	Cota piez. (m) =	124,20810	Pres. disp. (mca) =	61,858
48	Nod	48	Cota piez. (m) =	123,61330	Pres. disp. (mca) =	60,313
49	Nod	49	Cota piez. (m) =	123,08040	Pres. disp. (mca) =	59,680
50	Nod	50	Cota piez. (m) =	121,73610	Pres. disp. (mca) =	60,236
51	Nod	51	Cota piez. (m) =	116,28220	Pres. disp. (mca) =	55,082
52	Nod	52	Cota piez. (m) =	119,02720	Pres. disp. (mca) =	57,327
53	Nod	53	Cota piez. (m) =	118,58110	Pres. disp. (mca) =	55,581
54	Nod	54	Cota piez. (m) =	117,55680	Pres. disp. (mca) =	53,557
55	Nod	55	Cota piez. (m) =	118,87850	Pres. disp. (mca) =	57,379
56	Nod	56	Cota piez. (m) =	116,40660	Pres. disp. (mca) =	55,907
57	Nod	57	Cota piez. (m) =	110,23300	Pres. disp. (mca) =	49,493
58	Nod	58	Cota piez. (m) =	114,79050	Pres. disp. (mca) =	53,491
59	Nod	59	Cota piez. (m) =	114,67940	Pres. disp. (mca) =	50,979
60	Nod	60	Cota piez. (m) =	114,78460	Pres. disp. (mca) =	53,585
61	Nod	61	Cota piez. (m) =	113,99730	Pres. disp. (mca) =	53,497
62	Nod	62	Cota piez. (m) =	114,08070	Pres. disp. (mca) =	50,581
63	Nod	63	Cota piez. (m) =	114,29160	Pres. disp. (mca) =	52,892
64	Nod	64	Cota piez. (m) =	112,53800	Pres. disp. (mca) =	48,488
65	Nod	65	Cota piez. (m) =	110,99520	Pres. disp. (mca) =	46,445
66	Nod	66	Cota piez. (m) =	109,45250	Pres. disp. (mca) =	44,453
67	Nod	67	Cota piez. (m) =	109,03470	Pres. disp. (mca) =	43,585
68	Nod	68	Cota piez. (m) =	112,16820	Pres. disp. (mca) =	50,418
69	Nod	69	Cota piez. (m) =	103,91710	Pres. disp. (mca) =	40,917
70	Nod	70	Cota piez. (m) =	99,48826	Pres. disp. (mca) =	35,988

Tabelul nr. 4.5. Determinarea debitului comparativ („rotație” și la „cerere”) cu dimensionarea rețelei de conducte plotului pilot, cu distribuția apei la „cerere”

Den. cond.	Den. trons. (pct. plec. pct. sosire)	Cota teren (pct. plec. pct. sosire) (m)	Diametru (Ø) (mm)	Lungime (L) (m)	Debitul distrib. prin rotație (l/s)	Supraf. (S) (ha)	Debitul calculat (continuu) (l/s)	Numărul de prize (buc)	Debitul la „cerere” (Q_{cer}) (l/s)	Număr de prize în funcțiune simultană (buc)	Debitul la „cerere” de asigurat ($Q_{cer,as}$) (l/s)	Numărul bornelor (buc)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CD2	TI (SPP1-1)	63,58-62,40	600	100	486	693,4	432	376	602,21	43	597	
	T2 (1-2)	62,40-61,80	600	170	475	670,0	418	368	580	41	570	
	T3 (2-3)	61,80-63,75	600	150	333	475,2	296	272	431	31	430	
	T4 (3-4)	63,75-63,80	600	70	39	39,2	24	16	56,6	4	56	
A1	T5(4-5)	63,80-62,60	200	187	37,92	39,2	24	16	56,6	4	56	8
	T6(5-8)	62,80-61,50	200	225	25,28							
	11(6-1)	61,50-61,80	150	225	12,64							
A2	T8(1-8)	61,70	150	225	25,28	15,3	9,5	8	29,35	2	28	4
CP1	T9(2-9)	61,80-64,50	350	280		202,9	126,45	86	206^	15	208	
A3a	T10(9-10)	64,60-63,50	150	120	25,28	50,7	31,6	18	68	5	69	9
	T11(10-11)	63,50-63,45	200	252	12,64							
A3b	T12(9-12)	64,60-62,75	150	240	25,28							
	T13(12-13)	61,00	125	288	12,64							
CP1	T14(9-14)	64,60-62,30	300	600		152,3	94,9	69	163,3	12	167	
A4a	T15(14-15)	62,30-64,40	150	144	25,28	52,3	32	18	69,77	5	69	9
	T16(15-16)	64,40-66,50	200	252	12,64							
A4b	T17(9-12)	62,30-62,25	150	144	25,28							
	T18(12-13)	62,00	125	288	12,64							
CP1	T19(14-19)	62,30-62,75	300	600	88,48	99,9	62,3	50	116,54	8	110	
A5a	T20(19-20)	62,75-63,10	200	180	12,64	33,1	20,5	16	50,32	4	58	18
A1	T21(19-21)	62,75-61,50	200	72	37,92							
	T22(21-22)	61,50-61,70	150	144	25,28							
	T23(22-23)	61,70-62,00	125	168	12,64							
A6a	T25(24-25)	63,75-63,90	200	180	12,64	30,8	19,1	14	47,66	3	42	7
A6b	T26(24-26)	63,75-63,60	200	72	25,28							
	T27 (26 -27)	63,60-62,45	150	144	12,64							
	T28(27-28)	62,45-61,60	125	144	12,64							
CP1	T29(24-29)	63,75-63,00	250	600	37,92	30,0	22,4	20	53,7	4	58	
A7a	T30(29-30)	64,60-62,30	150	180	12,64	5	3,11	4	14	1	13,88	2

AUTOMATIZARE – DISPECERIZARE – INFORMATIZARE ÎN IRIGAȚII. EXEMPLU: S.I. CÂMPIA BUZĂULUI ȘI S.I. IALOMIȚA – CĂLMĂȚUI

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
A7b	T31(29-31)	64,60-62,30	150	240	12,64	13,30	8,3	6	26,53	2	28	3
A8	132(29-32)	64,60-62,30	150	750	25,28	17,7	11	8	32,28	2	28	4
CP2	133(32-33)	64,60-62,30	600	500	308	436	270,32	256	399,95	29	403	
A9a	134(33-34)	62,30-64,40	150	288	25,28	32,7	20,3	32	50,66	4	41,64	16
	135(34-35)	64,40-66,50	200	258	12,64							
A9b	136(33-36)	61,88-61,25	125	700	12,64							
CP2	137(33-37)	61,88-62,80	600	540	283	403,3	251,34	224	373,43	27	375	
A10a	138(37-38)	62,80-64,25	200	288	25,28	65,65	40^	32	835	6	83	16
	139(38-39)	64,25-64,50	200	258	12,64							
A10b	T40 (37-40)	62,80-62,05	150	288	25,28							
	T41 (40-41)	62,05-61,60	125	288	12,64							
CP2	142(37-42)	62,80-62,60	600	610	237	337,65	210,34	192	320,30	23	319	
A11a	143(42-43)	62,60-63,60	200	288	25,28	65,70	405	32	8357	6	83	16
	T44(43-44)	63,60-62,50	200	258	12,64							
A11b	145(42-45)	62,60-62,00	150	288	25,28							
	T46(45-46)	62,00-61,00	125	288	12,64							
CP2		62,60-62,35	400	530	191	271,95	169,48	160	266,3	19	264	
A12a	T48 (42-47)	62,60-62,35	200	288	25,28	65,70	405	32	8357	6	83	16
	T49 (48-49)	63,30-63,40	200	258	12,64							
A12b	150(47-50)	62,35-61,50	150	288	25,28							
	151(50-51)	61,50-61,20	125	288	12,64							
CP2	T52(47-52's	62,35-61,70	350	530	145	206,25	128,54	128	211,13	15	208	
A13a	153(52-53)	61,70-63,00	200	216	25,28	63,35	39,4	34	81,85	6	83	16
	154(53-54)	63,00-64,00	200	496	12,64							
A13b	155(52-55)	61,70-61,50	200	72	37,98							
	156(55-56)	61,50-61,50	150	288	25,28							
	157(56-57)	60,50-60,74	125	326	12,64							
CP2	158(52-58)	61,70-61,30	300	360	100	142,9	89,1	94	156,17	11	153	

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
A14a	159(58-59)	61,30-63,70	400	400	50,56	9,75	6,1	22	26,91	2	29,15	11
A14b	160(58-60)	61,30-61,20	125	130	12,64							
A14c	161(58-61)	61,30-60,50	125	308	12,64							
CS1	162(58-62)	61,30-63,50	250	400	50,56	56,0	3450	28	74,39	5	69	
CS2	163(58-67)	61,30-63,50	250	150	50,56	77,15	48,08	42	95,32	7	97	
A15	164(62-63)	63,50-64,05	200	288	56,00							
	165(63-64)	64,05-64,55	200	288	37,92							
A15	166(64-65)	64,05-65,00	150	288	25,28	56,00	345	28	74,38	5	69	14
	167(65-66)	65,00-65,45	150	78	12,84							
A16	168(67-68)	61,40-61,75	200	210	50,56	77,15	48,1	42	95,32	7	97	21
	169(68-69)	61,75-63,00	200	816	5,056							
	170(37-42)	63,00-63,50	200	438	50,56							

RANDAMENTE, STRATEGII, PROGRAME CALCULATOR ȘI MODELE ÎN OPTIMIZAREA AMENAJĂRILOR

5.1. MODEL REPREZENTATIV PENTRU DEFINIREA EFICIENȚEI ÎN IRIGAȚII: RANDAMENTUL ÎN IRIGAȚII

În tehnica mondială parametrii ce definesc eficiența sunt nominalizați ca *randamente* de *ordin tehnic, economic și social*.

Se pot reține ca *randamente tehnice*:

- *randamentele hidraulice*, care arată gradul de utilizare al apei în sistemele de irigații (norme de udare și de irigare, debite module, volume de apă intrate și folosite, evidența apei, pierderi de apă etc.);

- *randamentele energetice*, care definesc consumurile specifice de energie electrică realizate, și sunt exprimate fie în kWh/ha pentru diferite înălțimi de pompare, fie în kWh/m³ apă pompată;

- *randamentele producțiilor agricole obținute*, pe grupe de culturi, în funcție de consumul de apă (relația consum de apă-producție) și pe tehnici de irigare (aspersiune, brazde, picurare etc.);

- *randamentele economico-financiare*, care caracterizează rentabilitatea amenajărilor pentru irigații;

- *randamentele operaționale*, care definesc gradul de dificultate (ușurință) a operării și întreținerii, respectiv eficiența activității de conducere operativă;

- *randamentul de prevenire și stopare a unor procese negative de poluare – degradare* legate de sol (înmlăștinări, salinizări, eroziune) și de apă (chimism, nivel freatic, scurgeri), reflectând eficacitatea rețelelor de drenaj și asanare în sistemele de irigații;

- *randamentul distribuției apei la beneficiari*, care exprimă nivelul de fiabilitate și gradul de flexibilitate în distribuția apei.

În cadrul randamentelor, având tangență cu *modul de organizare*, se evidențiază consumul de forță de muncă (zile om/ha) pe grupe de culturi (prășitoare, cereale, vii, pomi, culturi leguminoase), pe tehnici de irigare (aspersiune, brazde, picurare), pe tehnici de aduc-

țune și distribuție a apei (prin canale deschise sau prin rețele de conducte sub presiune).

5.1.1. RANDAMENTELE HIDRAULICE ȘI PIERDERILE DE APĂ

1° Particularități în caracterizarea randamentelor hidraulice

Randamentul hidraulic, unul dintre cei mai sugestivi indicatori sintetici ai condițiilor de exploatare actuală, arată gradul de utilizare al apei în sistemele de irigații și anume: norme de udare și de irigare, debite module, volume de apă intrate și folosite, evidența apei, pierderi de apă etc.

Randamentul hidraulic se exprimă prin raportul dintre debitul util aval și debitul brut amonte, sau raportul volumelor respective:

$$h_h = \frac{Q_{av}}{Q_{am}} = \frac{W_{av}}{W_{am}} \quad (1)$$

Pentru determinarea *randamentului rețelei de canale* într-o perioadă de timp (t) se pot utiliza următoarele relații:

$$h_h = 1 - \frac{Q_p}{Q_{am}} = 1 - \frac{W_p}{W_{am}} = \frac{Q_{av}}{(Q_{av} + Q_p)} = \frac{W_{av}}{(W_{av} + W_p)} \quad (2)$$

$$\Rightarrow h_r = \frac{(V_a + V_p) - (V_i + V_e + V_{av} + V_{ev} + V_{al})}{(V_a + V_p)} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3)$$

unde:

η_r – randamentul rețelei de canale sau al unui canal;

V_a – volumul de apă existent în rețea la un moment dat (m³);

V_p – volumul pompat în intervalul de timp pentru care se calculează randamentul (m³);

V_i – volumul de apă pierdut prin infiltrații din rețeaua de canale în timpul t (m³);

V_e – volumul de apă pierdut prin evaporații din rețea sau din canale în perioada de timp t (m³);

V_{av} – volumul de apă ce reprezintă pierderile

* Teza de doctorat D. Burlacu – Universitatea Tehnică Iași (conducător științific prof. Valeriu Blidaru)

cauzate de avarii în același interval de timp t (m^3);

V_{ev} – volumul de apă evacuat din rețea datorită unor deficiențe în distribuția apei în timpul t (m^3);

V_{al} – volumul de apă rămas în rețea după perioada de timp (m^3).

Pentru determinarea **randamentului rețelei de conducte**, se utilizează următoarea relație:

$$\eta_c = \frac{\alpha \cdot Q_{inst} T_i - \sum p_i \cdot T}{\alpha \cdot Q_{inst} \cdot T_i} \cdot 100 [\%] \quad (4)$$

unde:

η_c – randamentul rețelei de conducte;

– raportul dintre debitul mediu zilnic realizat de SPP și debitul instalat la SPP ;

Q_{inst} – debitul instalat al stației de punere sub presiune;

$\sum p_i$ – suma pierderilor în perioada de irigație, stabilite procentual din volumul total de apă pompată (m^3 /zi);

T_i – numărul de zile de funcționare a SPP;

T – durata campaniei de irigații în care rețeaua a fost plină cu apă (zile).

Randamentul udării în câmp se exprimă:

$$\eta_u = \frac{Q_p - Q_i}{Q_p} \cdot 100 [\%] \quad (5)$$

sau

$$\eta_u = \frac{V_u}{V_d} \cdot 100 [\%] \quad (6)$$

unde:

η_u – randamentul hidraulic al udării;

Q_p – debitul distribuit prin aspersiune, scurgere la suprafață, picurare (m^3 /s);

Q_i – debitul pierdut (m^3 /s);

V_u – volumul de apă înmagazinat în sol, în limitele stratului activ (m^3);

V_d – volumul de apă distribuit pe parcelă (m^3).

Conform datelor publicate de „World Food Day”, 1994, pierderile medii de apă din sistemele de irigații în lume arată că doar circa 45% din apa preluată din sursă ajunge efectiv la plantă diferența constând din:

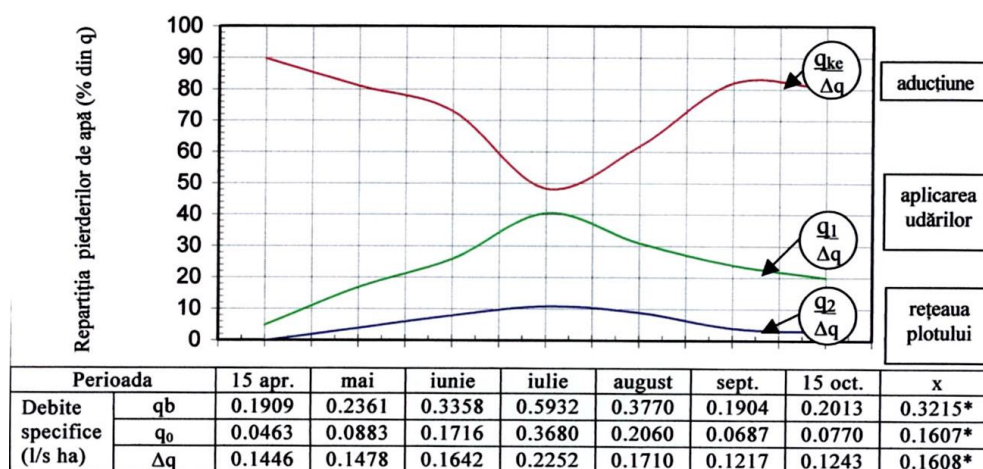
- pierderi în sistemul de transport (15%),
- pierderi la distribuția apei la ferme (15%) și
- pierderi la aplicarea udărilor (25%).

Irigațiile au un caracter complementar sau nu în funcție de zona climatică în care sunt aplicate (continentală sau aridă). Acest caracter determină debitele cu care funcționează sistemele, și anume: debite variabile în cazul climatului continental în funcție de precipitații sau debite constante în cazul climatului arid.

Ținând seama și de structura culturilor irigate, de gradul de automatizare al rețelei, dar și de poziția nivelitică a unor canale de ordin inferior, indiferent de debitele vehiculate, în rețea se menține un nivel constant al apei, care corespunde cerințelor din luna de vârf pentru care sistemul a fost proiectat; randamentele hidraulice depășesc frecvent raportul de 1 la 10.

Din analiza efectuată în context cu rezultatele obținute prin cercetări de lungă durată de către I.C.I.T.I.D. Băneasa-Giurgiu pentru 12 sisteme mari de irigații din România, în suprafață de peste 600 mii ha, pentru ipoteza că randamentul udării în câmp $\eta_u = 0,80$, iar cel al rețelei din amenajările interioare, $\eta_r = 0,95$, o evoluție a pierderilor de apă pe durata sezonului de irigații este prezentată în figura 5.1 și tabelul nr. 5.1 (I.M. Nicolaescu, 1992). Astfel, randamentul total al sistemelor (η_s) are valoarea medie de 45%, maximă de 62% și minimă de 25-30% în lunile de primăvară și toamnă.

Rezultă clar că în condițiile climatice ale țării noastre, randamentul hidraulic are un pronunțat **caracter dinamic** neputându-se vorbi în general de randamentul unui anumit sistem, decât raportându-l la o anumită perioadă din sezonul de irigație.



*) Valori medii ponderate cu timpul

Fig. 5.1. Evoluția pierderilor de apă pe durata sezonului de irigații (pe cele trei categorii q_{ke} , q_1 , q_2) (după I.M. Nicolaescu, 1992)

Tabelul nr. 5.1. Randamentul rețelei de transport și distribuție a apei în câteva sisteme de irigații în funcție de volumul de apă intrat în rețea, din România (după Grumeza și colab., 1986)

Sistem	Rețea	Vol. de apă pierdut prin exfiltrații (mil.m ³ /ha)	Volum de apă intrat în rețea (mil. m ³ / ha)				Randament de transport și distribuție			
			V ₁ 100%	V ₂ 80%	V ₃ 60%	V ₄ 40%	μ ₁	μ ₂	μ ₃	μ ₄
Cetate-Galicea 47.516 ha	canale	13.300	82.5	65.9	49.5	32.5	0.84	0.80	0.74	0.59
	conducte	0.110								
	total	13.410								
Sadova-Corabia 79.500 ha	canale	6.510	176.3	141.0	105.8	70.5	0.96	0.95	0.94	0.90
	conducte	0.035								
	total	6.545								
Stoenеști 19.470 ha	canale	12.590	65.4	52.3	39.2	26.2	0.80	0.75	0.67	0.50
	conducte	0.003								
	total	12.593								
Giurgiu-Râzmirești 147.152 ha	canale	34.000	282.8	226.3	169.7	113.1	0.88	0.85	0.80	0.70
	conducte	0.300								
	total	34.300								
Pietroiu-Șt. cel Mare 54.400 ha	canale	33.970	121.6	97.3	72.8	48.6	0.72	0.65	0.53	0.30
	conducte	0.010								
	total	33.980								
Mihail Kogălniceanu 30.431 ha	canale	10.540	47.65	38.15	28.61	19.07	0.78	0.72	0.63	0.45
	conducte	0.040								
	total	10.580								

2° Pierderi de apă din rețeaua de canale deschise

Pierderile de apă din rețeaua de aducțiune (sursa de apă – stație de punere sub presiune), se produc prin evaporatie, în procesul de exploatare – distribuție și prin exfiltrații (din canale).

1. Pierderile de apă prin evaporatie la suprafața luciului apei reprezintă în medie 1-5% din pierderile totale de apă (Nayer-Tihomirov, V. Poliakov). Mărimea acestora depinde în primul rând de factorii climatici, precum și de dimensiunile canalelor și gradul de protejare (perdele, culturi, orientări etc.).

2. Pierderile de apă în exploatarea sistemului, în principal, sunt influențate de insuficienta etanșare a vanelor de închidere, distribuția unor debite mai mari decât debitele reale consumate, valoarea volumelor înmagazinate în rețea la finele perioadei de udare, frecvența avariilor în rețea, evidența defectuoasă, precum și lipsa unei automatizări corespunzătoare. Pierderile de apă în exploatare în rețeaua hidrotehnică pot atinge în unele cazuri valori de 10-20% din valoarea debitului captat (Mucica etc., 1977).

3. Pierderile de apă prin exfiltrații din rețeaua de canale dețin ponderea cea mai mare, depinzând de o

serie de factori, cum ar fi: caracteristicile secțiunii (b, h, B, P muiat), lungimea canalului, caracteristicile geotehnice ale terenurilor, adâncimea nivelului freatic, modul de execuție a canalului (rambleu, debleu, căptușit, necăptușit), metoda de căptușire, vechimea căptușelii și starea de întreținere, gradul de automatizare etc. Pierderile de apă prin exfiltrații din canalele de irigații reprezintă *cauza principală a randamentelor scăzute ale sistemelor*. Determinarea lor este privită cu responsabilitate atât pe plan mondial, cât și pe plan național.

La o exploatare rațională și normală, pierderile din canale prin restituție și avarii trebuie să tindă spre valori neglijabile. Pierderea la sfârșitul perioadei de irigat reprezintă volumul de apă care rămâne neutilizat și se pierde prin infiltrație și evaporatie. Dacă pierderile prin evaporatie se determină ușor, utilizând bacuri evapometrice pe suprafața apei, sau chiar relații consacrate și au valori relativ mici, pierderile de apă prin infiltrații sunt considerabile și depind de mulți factori.

Determinarea lor pe baza relațiilor furnizează doar valori orientative. Pierderile prin infiltrații din canal depind de: coloana de apă, tipul de îmbrăcăminte și starea lor, litologia zonei, nivelul freatic, temperatura apei, perimetrul udat, alte lucrări în zonă (canal de desecare) ș.a.

Tabelul nr. 5.2. Parametrii principali ai utilizării apei de irigații estimați pentru o suprafață netă ce se irigă simultan de 2,5 milioane hectare (după I.M. Nicolaescu, 1992)

Perioada Parametri tehnici	15 apr.	mai	iunie	iulie	august	sept.	15 oct.	Parametri sintetici
Norma netă de irigație	60	229	445	954	534	178	100	
Debit specific net la plantă q_0 (l/s·ha)	0.0463	0.0883	0.1716	0.3680	0.2060	0.0687	0.0770	0.1607 ^{*)}
Debit specific pierdut q_{ke} (l/s·ha)	0.130	0.120	0.120	0.109	0.106	0.100	0.100	0.11 ^{*)}
Rand. (%)	Udare	80	80	80	80	80	80	80
	Amenaj. int.	95	95	95	95	95	95	95
	Trans.	31.9	49.19	67.42	81.63	71.89	47.48	59.76 ^{*)}
	Sistem	24.25	37.39	51.10	62.03	54.63	36.08	45.40 ^{*)}
Debit specific la priză q_b (l/s·ha)	0.1909	0.2361	0.3358	0.5932	0.3770	0.1904	0.2013	0.3215 ^{*)}
Vol. total la priză V_b (miliarde m ³)	0.6186	0.1503	2.1760	3.8440	2.4434	1.2338	0.6522	$\Sigma=12.4983$ (100%)

^{*)} Valori medii ponderate cu timpul

În literatura de specialitate (Cr. Kleps și Tusa, 1992), pierderile de apă prin infiltrație sau exfiltrație din canalele de irigații se produc în două cazuri distincte de realizare a infiltrației, funcție de adâncimea la care se află stratul impermeabil sau apa freatică față de suprafața terenului.

a/ Infiltrație liberă, care are loc în situația când stratul impermeabil sau apa freatică se găsește la mare adâncime.

În cazul **canalelor necăptușite**, debitul unitar infiltrat q_i este dat de relația:

$$q_i = K \cdot (B + \varepsilon h) \cdot 10^6 \quad [\text{l/s} \cdot \text{km}] \quad (7)$$

cu condiția ca $H > 1.5 \cdot (B + 2h)$,

unde:

K – coeficientul de permeabilitate;

B – lățimea suprafeței libere a apei în canal (m);

ε – coeficient funcție de panta taluzuri și de raportul B/h conform tabelului nr. 5.3;

h – înălțimea apei în canal (m);

H – distanța dintre fundul canalului și limita superioară de ridicare a apei subterane prin capilaritate (m).

Tabelul nr. 5.3. Valorile coeficientului ε funcție de m și B/h

m/B/h	0	2	4	6	8	12	16	20
0,0	2,8	-	-	-	-	-	-	-
1,0	-	2,0	2,7	3,15	3,45	3,85	4,10	-
1,5	-	-	2,0	2,70	3,00	3,40	3,70	-
2,0	-	-	1,8	2,30	2,65	3,10	3,40	3,60
2,5	-	-	-	2,05	2,40	2,85	3,15	3,35

Măsurătorile efectuate în teren au demonstrat (I.C.I.T.I.D.) că lățimea zonei de umezire sub canale este mai mare dacă se ia în considerare capilaritatea, situație în care valoarea lui ε se modifică. În cazul **canalelor căptușite**, situate în condiții de adâncime mare a nivelului apei subterane, în pământurile saturate, debitul care se pierde prin căptușeală, denumit debit de exfiltrație, va fi dat de relația:

$$q_c = k_c \cdot B \cdot \frac{h_0 + \Gamma_6}{\Gamma} \quad (8)$$

unde:

k_c – coeficientul de filtrație al căptușelii (m/s);

B – lățimea suprafeței libere a apei în canal (m);

H – înălțimea de apă în canal (m);

Γ – grosimea căptușelii (m).

Dacă coeficientul de filtrație al căptușelii (k_c) este suficient de mic în raport cu cel al pământului de sub căptușeală (k), atunci procesul de infiltrație sub stratul compact se va produce într-un mediu nesaturat. Debitul de exfiltrație în acest caz va fi dat de relația Bouver:

$$q_e = \left[k_c \frac{h - p_{cr}}{\Gamma} + k_c h - \sqrt{1 + m^2} \frac{h - p_{cr}}{\Gamma} \right] \cdot 10^6 \quad [\text{l/s} \cdot \text{km}] \quad (9)$$

unde:

$$p_{cr} = \frac{\int k_p \cdot d_p}{k^{[m]}} \quad (10)$$

în care:

k_p – coeficientul de infiltrație în cazul infiltrației medii nesaturate (k_p nu mai este o constantă ca în cazul k , ci variază cu umiditatea terenului);

d_p – diferența presiunii negative din pământul nesaturat pe care se sprijină căptușeala;
 b – lățimea la fund a canalului (m);
 h – înălțimea de apă în canal (m);
 m – panta taluzului canalului.

În practică însă, un procent însemnat din debitul exfiltrat se datorește pierderilor prin fisurile și crăpăturile care apar în masa căptușelii sau în rosturile acesteia și, mai puțin, permeabilității materialului din care este realizată căptușeala.

b/ Infiltrație înecată, care se realizează când stratul impermeabil sau apa freatică este la mică adâncime față de suprafața terenului.

În cazul canalelor necăptușite, pierderile prin infiltrație se reduc treptat, pe măsură ce nivelul apei subterane din zonă se ridică.

Astfel, în prima fază, până când pierderile ajung la limita superioară de ridicare a apei subterane, debitul infiltrant are aceleași valori ca pentru cazul nivelului de apă situat la mare adâncime, arătate mai sus.

Timpul scurs de la intrarea apei în canal și până când debitul infiltrant ajunge la nivelul apei subterane (t) se determină cu :

$$t = \frac{n}{k} \left(H + h \ln \frac{h}{h+H} \right) [\text{sec}] \quad (11)$$

în care:

n – coeficientul de porozitate al solului, valorile orientative pentru diferite pământuri sunt prezentate în tabelul nr. 5.4;

k – coeficientul de infiltrație (m/s);

H – distanța între fundul canalului și limita superioară de ridicare a apei subterane prin capilaritate (m);

h – înălțimea de apă în canal (m).

Pentru diferite soluri s-au stabilit (*Cerbasov*) înălțimile maxime ale ascensiunii capilare ($h_c \max$), tabelul nr. 5.5.

Din momentul în care pierderile de apă au atins nivelul capilar al apei subterane, debitul începe să se micșoreze în timp. Această micșorare nu trebuie însă confundată cu aceea produsă în orice canal (indiferent de adâncimea nivelului subteran) atunci când infiltrația tinde spre stabilizare, ca urmare a modificării mediului în care se produce fenomenul, de la pământ nesaturat la cel saturat.

Tabelul nr. 5.4. Valorile coeficientului de porozitate a solului n pentru diferite pământuri

Pământul	n
Nisip Ø 1,2-1,4 mm	0,42
Nisip Ø 2 mm	0,36
Pietriș Ø 5 mm	0,37
Argilă	0,46-0,55

Tabelul nr. 5.5. Înălțimile maxime ale ascensiunii capilare pentru diferite soluri

Solul	$h_c \max$ (cm)	Solul	$h_c \max$ (cm)
Argilos	200-400	Loess	250-350
Lutos	150-300	Podzol	35-40
Lutos-nisipos	100-150	Turbă	120-150
Nisipos	50-100	Soloneț-solonceac	12

Debitul infiltrant din canal se reduce pe măsură ce se mărește distanța de revărsare, adică lungimea pe care se resimte influența canalului asupra apei subterane (transversal pe direcția acestuia).

În ceea ce privește exprimarea pierderilor, se consideră că atât aceea în $l/s \cdot km$, cât și cea în procente din debit prezintă o serie de dezavantaje: astfel, pe două canale căptușite cu dale din beton, situate în aceeași zonă și având aceleași elemente constructive, dar cu înălțimi de apă diferite, în cazul exprimării debitului infiltrat în $l/s \cdot km$, se poate trage concluzia eronată că diferența de pierderi se datorează numai modificării valorii lui h . În realitate, cauza principală a pierderilor diferite o poate constitui, între altele, starea de întreținere, care se deosebește de la un canal la altul etc.

Din cercetările efectuate în cadrul Institutului de Cercetări pentru Îmbunătățiri Funciare (devenit ulterior I.C.I.T.I.D.) s-a constatat că variația pierderilor este mai lentă decât cea a înălțimilor de apă corespunzătoare din canal.

Exprimarea pierderilor de apă în procente este și mai defectuoasă, întrucât la aceeași secțiune și la aceeași stare a căptușelii, debitul poate fi mai mare datorită creșterii pantei, ceea ce determină și mărirea corespunzătoare pierderilor în cazul utilizării acestei metode, fapt care nu concordă cu realitatea. La fel se întâmplă și în cazul canalelor necăptușite dar cu rugozități diferite.

Dificultățile ce apar ca urmare a modurilor de exprimare a pierderilor amintite anterior pot fi înlăturate în cazul măsurării cantității de apă infiltrată în l/m^2 și zi. După cum s-a arătat, toate formulele de exprimare a debitelor pierdute prin infiltrație țin seama de caracteristicile geometrice ale secțiunii, fără însă a include elemente cu privire la modul de întreținere a canalelor.

În această situație, pentru obținerea unor valori corecte ale pierderilor, se recomandă efectuarea de determinări în teren, prin urmărirea volumului de apă care se infiltrează în unitatea de timp dintr-un tronson de canal reprezentativ, special amenajat prin executarea la capete a două batardouri impermeabile (determinări în regim static).

Relația de legătură între scăderea în timp a apei în tronsonul de studiu, infiltrație statică – I_s (cm/zi) – și debitul specific infiltrant – q_i ($l/s \cdot m^2$) este:

$$q_i = \frac{0,00016 \cdot I_s B}{b + 2h\sqrt{I + m_2}} \text{ [l/s} \cdot \text{m}^2\text{]} \quad (12)$$

în care:

- B – lățimea luciului apei (m);
- b – lățimea la fundul canalului (m);
- h – înălțimea de apă din canal (m);
- m – panta taluzului canalului.

În literatura de specialitate (Kraatz, 1977) sunt prezentate următoarele corelații între infiltrații, înălțimea apei din canal, nivelul apei subterane și perimetrul mușiat al canalului:

- pierderile de apă cresc odată cu creșterea înălțimii apei în canal;

- pierderile de apă prin infiltrații cresc în raport direct cu creșterea diferenței dintre nivelul apei din canal și nivelul pânzei freatice; atunci când această diferență atinge sau depășește de 5 ori lățimea suprafeței canalului, aceste pierderi tind către limita maximă;

- repartizarea pierderilor prin infiltrații de-a lungul fundului și al taluzurilor canalului depinde de poziția pânzei freatice sau a stratului impermeabil; atunci când această pânză se găsește la o adâncime redusă, contribuția taluzurilor canalului este mai mare decât cea a fundului canalului, în timp ce în situația pânzei profunde apare cazul invers; în toate cazurile, pierderile maxime prin infiltrații se produc la baza taluzurilor, adică la joncțiunea fundului cu taluzurile canalului.

În urma studiilor și cercetărilor efectuate de I.C.I.T.I.D. pe un număr de 600 de tronsoane de canale din cadrul celor mai importante amenajări pentru irigații din Câmpia Olteniței, Bărăganul de Sud și de Nord și Dobrogea (Calafat-Băilești, Cetate-Galicea, Sadova-Corabia, Stoenesti, Giurgiu-Răzmirești, Gălățui-Călărași, Pietroiu-Ștefan cel Mare, Jegălia, Terasa Viziru, Terasa Brăilei Nord, Terasa Brăilei Sud, Babadag și Mihail Kogălniceanu din perimetrul irigat Carasu) s-au putut contura unele aspecte cu privire la modul de variație a pierderilor de apă. Pierderile de apă din infiltrații s-au determinat pe tronsoane de 10-60 m lungime pe canale de ordinul I, II și III, căptușite și necăptușite, precum și degradarea materialelor de etanșare în cazul celor căptușite.

Astfel, s-a constatat că timpul în care se stabilizează pierderile prin infiltrație poate depăși uneori 50 de zile. În cele mai multe cazuri mărimea acestor pierderi variază în exploatare de la 1.200 l/zi·m² la 500 l/zi·m² pe canalele necăptușite, de la 300 l/zi·m² la 50 l/zi·m² pe canalele căptușite cu beton (dale mici și mari rostuite cu mortar de ciment și chituri de etanșare, beton monolit etc., după o perioadă de mai mulți ani de funcționare) și 35-15 l/zi·m² în cazul canalelor căptușite cu dale din beton. La canalele căptușite, pierderile cele mai mari s-au înregistrat acolo unde s-au utilizat dale rostuite cu

mortar de ciment, datorită în principal fenomenului de îngheț-dezghet, care a avut ca urmare degradarea în proporție ridicată a rosturilor (Grumeza și Kleps, 1985).

Pe baza rezultatelor obținute s-a întocmit tabelul nr. 5.6 în care se prezintă mărimea pierderilor de apă prin infiltrație stabilizate din canalele necăptușite în diferite situații de textură și adâncime a apei subterane și tabelul nr. 5.7. în care se prezintă mărimea pierderilor de apă prin exfiltrații pe tipuri de căptușeli ale canalelor.

Tabelul nr. 5.6. Pierderile de apă prin infiltrații în canale necăptușite

Textura	Pierderi de apă prin infiltrații (l/m ² /zi) pentru adâncimea apei subterane între:		
	0 – 2 m	2 – 5 m	> 5 m
Luto-argiloasă	300 – 400	500 – 600	500 – 700
Lutoasă	300 – 400	500 – 600	600 – 800
Luto – nisipoasă	400 – 500	600 – 700	700 – 900

Tabelul nr. 5.7. Pierderile de apă prin exfiltrații în canale căptușite

Nr. crt.	Tipul căptușelii	Pierd. medii de apă stabiliz. (l/m ² /zi)
1.	Căptușeli din dale beton (50x50x6) rostuite cu mortar de ciment	300
2.	Căpt. din dale mici beton (50x50x5) rostuite cu chituri de etanșare	70
3.	Căpt. din dale mari pref.(300x100x5) rost. cu mortar de ciment	200
4.	Căpt. din dale mari pref.(300x100x5) rost. cu chituri de etanșare	50
5.	Căpt. din beton simplu turnat cu Rahco rostuite cu mortar de ciment	100
6.	Căpt. din beton simplu turnat cu Rahco rostuite cu chituri de etanșare	35
7.	Căpt. din dale mari pe hidroizol. din țesături de fibră de sticlă bitumată	35
8.	Căpt. din dale mari așezate pe folie de 0,8 mm	35
9.	Căpt. din dale mici așezate pe folie de 0,5 mm	35
10.	Căpt. din folie de 0,3 mm protejată cu pământ	35

În tabelul nr. 5.8. se prezintă (I.C.I.T.I.D.) situația pierderilor de apă pe canale într-o serie de sisteme de irigații cu diferite căptușeli realizate la noi în țară.

3° Pierderi de apă din rețeaua de conducte îngropate

Pentru cercetarea pierderilor de apă din rețelele de conducte îngropate sub presiune s-a utilizat metoda hidrolică elaborată de Anisimov.

S-a izolat astfel o porțiune de conductă îngropată în lungime de 200-300 metri prin închiderea etanșă a vanei de admisie, precum și a tuturor hidranților de pe traseu după care s-a pompat apa în aceasta la presiunea de 6 bari.

Tabelul nr. 5.8. Pierderile de apă prin infiltrații din canale în sisteme de irigații din România

Nr. crt.	Sistemul	Pierderi prin infiltrații stabilizate l/m ² /zi	Tipul căptușelii
1	Calafat-Băilești	1030-2300 120 150-160	- canale necăptușite - monolit cu rosturi din mortar de ciment - dale mici (50x50x6)+ rosturi din mortar de ciment
2.	Sadova-Corabia	10-20 73	- dale+folie (bine întreținute) - dale+folie (folia degradată)
3.	Izvoarele-Cujmir	1566	- canale necăptușite
4.	Terasa-Corabia	170-250 1050	- dale+rosturi din mortar de ciment - canale necăptușite
5.	Olt-Călmățui	89-135 152-510 322-830	- beton Rahco+rosturi cu plastisil - beton Rahco+rosturi de mortar de ciment - dale+rosturi din mortar de ciment
6.	Giurgiu-Răzmirești	240-300 320-350 600 15-50	- dale+rosturi din mortar de ciment - dale+rosturi din mortar de ciment - canale necăptușite - dale mari+rosturi elasto-plastice sau dale pe folie
7.	Stoenești-Vișina	300 1000	- dale+rosturi din mortar de ciment - canale necăptușite
8.	Gălățui-Călărași	500-1200 400	- canale necăptușite - dale+rosturi din mortar de ciment
9.	Burdușeni-Făcăieni	670-740 1500-1600 40	- canal necăptușit - canal necăptușit-la început de irigație - dale mici și folie
10.	Terasa Brăilei	85 150-225 200-380	- dale mari (300x200x15) + rosturi bine întreținute - dale mari (250x150x10) + rosturi degradate - dale mici (50x50x6)
11.	Jegălia	450	- dale+rosturi
12.	Pietroiu-Ștefan cel Mare	100-300 400-900	- dale+rosturi din mortar de ciment - canale necăptușite
13.	Terasa Viziru	80-150 150-250 250-350	- beton monolit (12 cm grosime) - dale mari (250x100x8)+ mortar ciment - dale mici+rosturi din mortar de ciment
14.	Babadag	350	- dale+rosturi din mortar de ciment
15.	Carasu	600-700 1000	- canale necăptușite - canale necăptușite în zonă de calcar
16.	Complexul Razelm Sinoe	700-900	- canale necăptușite

Apoi, pe măsura scăderii presiunii din conductă, s-a introdus cu intermitențe apa sub presiune dintr-un bazin cu capacitatea cunoscută pentru menținerea în conductă a unei presiuni relativ constante, cantitatea de apă introdusă suplimentar în conductă reprezentând de fapt apa pierdută (după dările de seamă anuale I.C.I.T.I.D., 1972, 1973 și 1982, autor C. Schintee).

Astfel, determinările efectuate în mod repetat pe rețele de conducte îngropate sub presiune în sistemele Jegălia și Calafat-Băilești (Mitoiu și Schintee, 1975, 1982) au pus în evidență randamente cuprinse între 97 și 99%, în condițiile când nu s-au cuprins pierderile la hidranții defecți și alte defecțiuni accidentale. Aceste valori prezintă o pondere nesemnificativă în caracterizarea generală a randamentului sistemului.

4° Pierderi de apă în aplicarea udărilor

Valoarea pierderilor de apă în câmp depinde de mulți factori, mai importanți fiind: metoda de irigație, tehnica de udare (echipamentele și instalațiile folosite), regimul de irigație, pregătirea terenului pentru udare, condițiile pedologice și climatice.

Pierderile de apă se produc prin percolare, scurgere la suprafață și prin evaporare; unii cercetători deosebind 3 randamente parțiale pentru fiecare categorie, iar produsul acestora reprezintă randamentul la parcelă:

$$\eta_u = \eta_n \cdot \eta_c \cdot \eta_e$$

În situația când udările se efectuează corect, fără percolații și scurgeri în afara parcelei udare și cu o uniformitate superioară, randamentul de aplicare a udărilor se poate calcula ca o valoare globală pe perioada de vegetație, cu relația:

$$\eta_c = \frac{(E_t - P_t)}{W_t} \cdot 100 \quad (\%)$$

unde:

E_t – consumul de apă pe întreaga parcelă (m³/ha);

P_t – cantitatea totală de precipitații efective (înălțimea totală a precipitațiilor mai puțin cantitatea de apă ce se infiltrează mai jos de stratul activ și precipitațiile care cad imediat după udări);

W_d – volumul de apă livrat parcelei (m³/ha).

Pentru o singură udare se poate aplica relația:

$$\eta_c = \frac{W_2 - W_1 + n e_t - S}{m + P} \cdot 100 \quad (\%)$$

unde:

W_1, W_2 – volumul de apă din sol pe adâncimea stratului activ înainte și după aplicarea udării, calculat pe baza valorilor umidității solului (m³/ha);

E_t – evapotranspirația zilnică între datele de măsurare a umidității solului (m³/ha);

n – numărul de zile ale perioadei dintre măsurători;

S – scurgerea la suprafață în afara parcelei udate (m^3/ha);

m – norma de udare aplicată (m^3/ha);

P – precipitațiile căzute în perioada dintre măsurătorile de umiditate.

În cazul udării prin scurgere la suprafață, pierderile prin percolare sunt între 10 și 15% din volumul de apă distribuit, în schimb la udarea prin brazde pot fi pierderi mai mari dacă se udă cu debite constante, pe brazdă scurtă și cu debite mari.

În cazul udărilor prin aspersiune, folosită în peste 90% din suprafața irigată a României, predomină pierderile prin evaporația din jet și picături de aer, de pe suprafața umezită a plantelor și solului. Prin evaporație direct în aer se pierde peste 10% din apa distribuită dacă udarea are loc în orele cu temperaturi maxime ale zilei, cu intensitate între 6,3 și 12, 6 mm/h (*S. Drupka*, 1971).

Astfel, în sistemul Jegălia, aceste pierderi variază între 6 și 11% (*Mitoiu*, 1975).

5.1.2. RANDAMENTUL ENERGETIC

Randamentul energetic al unui sistem de irigații reprezintă o alcătuire a randamentelor de pompare a apei, de transport și distribuție prin rețeaua de canale și conducte, inclusiv a construcțiilor hidrotehnice aferente și a celor de aplicare a udărilor.

• Randamentul energetic al pompării pentru un agregat sau un agregat funcționând în grup se exprimă prin raportul dintre puterea hidraulică utilă generală (P_u) și puterea totală consumată pentru generarea acelei puteri hidraulice (P_t):

$$\eta = P_u / P_t,$$

$$P_u = \gamma \cdot Q \cdot H = p \cdot Q \text{ (kW)} \quad (13)$$

unde:

γ – greutatea volumetrică a apei (N/m^3);

Q – debitul furnizat (m^3/s);

H – înălțimea de pompare (m);

p – presiunea generată (m).

• Consumul de energie la stațiile de pompare se exprimă în următoarea relație:

$$E = (9,81 \cdot V \cdot H) / (3600 \cdot \eta) \text{ (kWh/ha} \cdot \text{an)} \quad (14)$$

unde:

V – cerința de apă, stabilită pentru anul mediu ($\text{m}^3/\text{ha} \cdot \text{an}$);

H – înălțimea de pompare (m);

η – randamentul agregatelor.

Calculul energetic se face pentru fiecare treaptă

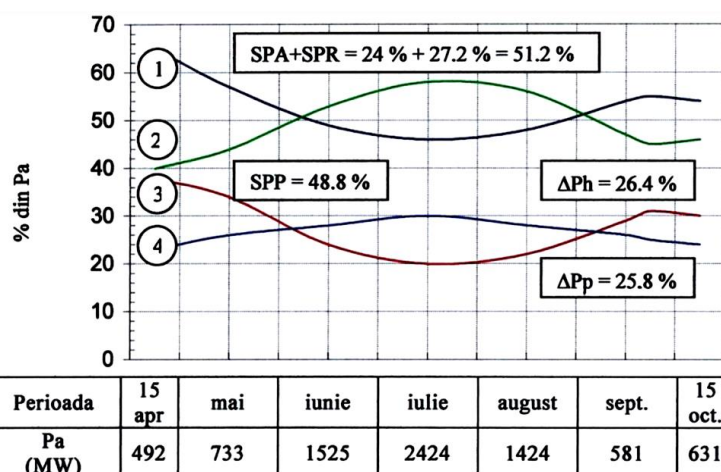


Fig. 5.2. Repartiția în timp a puterii totale (P_a) pe categorii de stații de pompare (SPA+SRP, SPP) și puterea pierdută prin lipsa lucrărilor de modernizare pentru sporirea randamentului de utilizare a apei (P_h) și a randamentului de pompare (P_p) (după I.M. Nicolaescu, 1993)

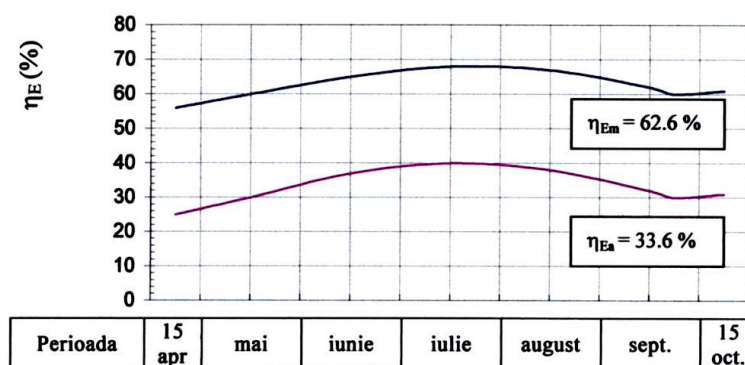


Fig. 5.3. Variația randamentului de utilizare a energiei de pompare a apei în sistemele de irigații înainte (η_{Ea}) și după modernizare (η_{Em}) (după I.M. Nicolaescu, 1993).

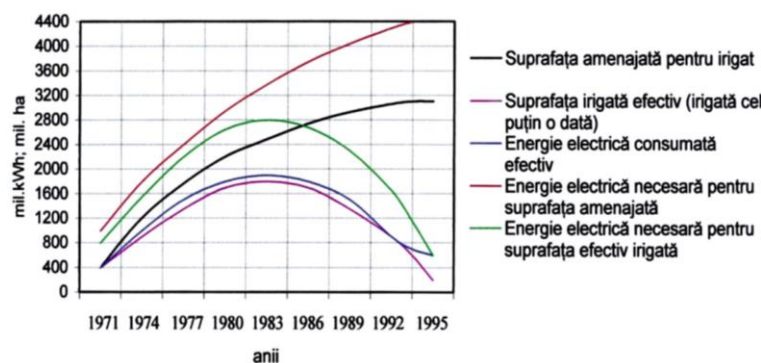


Fig. 5.4. Evoluția necesarului și consumului de energie electrică în irigații în raport cu suprafața amenajată și irigată efectiv în perioada 1971-1995 (după A. Lup, 1997)

de pompare și are în vedere cerințele de apă ale plantelor, randamentul udării, pierderile de apă din rețeaua din aval de stație (canale și conducte) și înălțimea de pompare. Elementul de cheltuieli cel mai important este reprezentat de energia reclamată de pomparea și distribuția apei.

Institutul Politehnic București arată, de pe urma efectuării testelor, randamente de funcționare în exploatare cuprinse în general între 0,65 și 0,75, cu 5-10% sub cele optime, stabilite prin proiecte; acolo unde s-au constatat randamente sub 30% și eficiența stațiilor de pompare s-a dovedit a fi sub așteptări, se impune un program de re tehnologizare și modernizare a stațiilor de pompare de bază și repompare.

Dinamica puterii necesare și a randamentului de utilizare a energiei electrice la pomparea apei, prin analiza datelor prezentate în figura 5.2 și 5.3 (după I.M. Nicolaescu, 1993), în ipoteza irigații simultane a 2,5 milioane ha, cu asigurarea unei norme nete de 2500 m³/ha distribuită în perioada 15.04-15.10, pune în evidență:

- puterea totală variază, în primul rând, în funcție de cerința pentru apă a culturilor, cu valori minime de 500-600 MW (0,2-0,25 kW/ha) și maximă în luna iulie, egală cu 2.424 MW (0,97 kW/ha);

- puterea totală se consumă jumătate în aducțiune (SPA + SRP) și jumătate pentru punerea sub presiune a rețelilor de conducte îngropate (SPP);

- lipsa lucrărilor de modernizare care să sporească randamentul de folosire a apei, impune un consum de putere (curba 3) care reprezintă în medie 26,4% din puterea totală. De asemenea, randamentele scăzute ale stațiilor de pompare atrag în prezent un consum de putere (curba 4) de 25,8% din puterea totală actuală.

În același timp, variația randamentului de utilizare a energiei electrice pentru pomparea apei înregistrează valori scăzute, cele minime de 0,25-0,30 în lunile extreme de funcționare, în luna iulie atingându-se valoarea maximă de 0,4.

Din figura 5.4, se poate aprecia cum a fost asigurată energia electrică necesară irigațiilor în perioada 1970-1995 la nivelul întregii țări în raport cu ritmul creșterii suprafețelor amenajate și suprafețelor irigate.

Un alt aspect legat de consumul de energie electrică îl constituie sezonabilitatea acestuia, când 75% din solicitări se concentrează pe durata celor 3 luni de vară (iunie, iulie, august), creând un vârf de consum dificil pentru sistemul energetic național.

5.1.3. RANDAMENTELE AGRICOLE

Principalul factor care influențează eficiența economică a producțiilor agricole în regim irigat îl reprezintă nivelul producțiilor agricole medii realizate (după A. Lup, 1997). Nivelul deosebit de scăzut al producțiilor agricole medii a fost principala cauză a nerealizării parametrilor de eficiență economică; numai rezultatele de producție și economice obținute la nivel de cultură agricolă pot da viabilitate investiției.

Rentabilitatea amenajărilor de irigații presupune și reorganizarea producției agricole, în vederea creșterii randamentului acesteia pe grupe de culturi și pe tehnici de irigare, în funcție de consumul de apă, prin:

- schimbarea structurii planurilor de cultură, prin mărirea procentajului culturilor care răspund mai bine la irigații (mai puțin grâu și floarea soarelui și mai mult porumb siloz, legume, cartofi, sfeclă și soia);

- creșterea gradului de ocupare a solului irigate de la 105% la 115% pentru exploatarea mari și terenuri proprietate de stat și de la 100% la 105% pentru terenurile proprietate privată, în general mici fermieri.

În studiile întreprinse de ISPIF în colaborare cu firme străine (B.R.L. și Binnie and Partners Ltd.) după 1990, s-au prevăzut sporuri de 50% la grâu, orz, porumb siloz, cartofi și de 75% pentru porumb boabe, legume și mai mari de 100% pentru lucernă și soia.

Sporurile de producție pe terenurile irigate față de cele neirigate, variază de la un sistem la altul în următoarele limite: porumb boabe 2,5-4,7 t, porumb siloz 14-16 t, grâu 0,5-2,1 t, orz 1,5-1,7 t, sfeclă de zahăr 12-29 t, soia 0,9-1,3 t, lucernă 12-25 t.

Sporurile de producții agricole se prevăd a fi atinse treptat într-o perioadă de 3 ani, după punerea în funcțiune a lucrărilor de reabilitare, inclusiv a realizării lucrărilor și măsurilor agropedameliorative.

5.1.4. RANDAMENTELE ECONOMICO-FINANCIARE

Randamentele (rentabilitatea) economico-financiare se analizează pentru fiecare cultură și la nivel de ferme pe tipuri: fermă mare cu suprafața de circa 300 ha și fermă mică de circa 5 ha, prin determinarea venitului net economic. Venitul net financiar se stabilește ca diferență dintre venitul brut, determinat în baza prețurilor pieței și cheltuielile de producție. Venitul net economic se stabilește în același mod, dar având în vedere venitul brut determinat în baza prețurilor produselor agricole după programele Băncii Mondiale la nivelul anului 2000, acesta fiind diferit de cel financiar. În raport cu venitul net economic, ordinea stabilită pentru culturile cele mai rentabile este: legume, sfeclă de zahăr, lucernă, porumb boabe și grâu. Floarea-soarelui este nerentabilă economic negativ.

Bugetele determinate la nivel de fermă, pentru aceeași structură a planului de cultură, au scos în evidență că fermele mici de 5 ha prezintă un venit economic specific (pe hectar) cu circa 30% mai ridicat decât la o exploatare cu o suprafață de 150 ha.

Cheltuielile cuprind toate lucrările agrotehnice, inclusiv costul semințelor, îngrășămintelor, pesticidelor, transportului, manoperei și cheltuielile diverse. Nu se include costul apei de udare.

5.1.5. RANDAMENTELE OPERAȚIONALE

Randamentele operaționale presupun în principal două componente:

1. ușurința operării și întreținerii amenajărilor;
2. eficiența conducerii operative la nivelul sistemului de irigații.

1° Operarea și întreținerea schemelor modernizate

O problemă majoră care preocupă managerii sistemelor de irigații atunci când se pune problema reabilitării acestora este *ușurința operării și reparării echipamentelor mecanice și electronice, precum și înlăturarea aluviunilor*.

1. Operarea și întreținerea curentă

Este de dorit ca structura să fie cât mai simplă și deseori se poate realiza aceasta, dar nu trebuie sacrificată calitatea serviciului de irigații, fiabilitatea și echitatea distribuției apei nefiind în mod necesar consecința utilizării unor construcții simple. *O selecție adecvată a echipamentului hidraulic va simplifica de multe ori în mod substanțial operarea și întreținerea și va conduce la servicii de irigații îmbunătățite, prin:*

- reducerea cantității de informații necesare a fi generate și transferate în sistem;
- reducerea numărului de reglări manuale ale echipamentelor prin utilizarea combinației adecvate de construcții fixe și automatizate;
- structuri simple de acționat și întreținut, inclusiv neafectabile în timp datorită modificării secțiunii canalelor din pământ prin eroziuni și colmatări;
- eliminarea necesității unui set complicat de instrucțiuni zilnice și a unei modelări detaliate în timp real ca o cerință pentru operarea zilnică.

Problemele de întreținere și reparații care trebuie avute în vedere cu prioritate la reabilitarea sistemelor de irigații sunt:

- frecvența operațiilor de întreținere; unele structuri (stavile) necesită operații de ungere măcar anuale, iar echipamentele electronice necesită întreținere preventivă frecventă;
- calitatea întreținerii; nivelul de calificare a personalului de întreținere necesar pe tipuri de echipamente;
- volumul lucrărilor de protecție anticorozivă; pot fi reduse prin prevederea de echipamente din aluminiu sau fibră de sticlă sau utilizând protecția catodică și galvanizarea pentru părțile metalice;
- frecvența înlocuirii părților componente ale structurilor și echipamentelor, se impune respectarea

regulii evitării producerii echipamentelor de control electronic pe plan local;

- evitarea vandalismului; faptul că echipamentele sunt răspândite pe suprafețe mari face dificilă protecția unor echipamente costisitoare. O abordare mai promițătoare pare a se obține prin combinarea de sancțiuni, recompense, crearea simțului proprietății și educație. Echipamentele sensibile trebuie instalate prioritar în locuri care oferă o mai bună protecție.

2. Înlăturarea aluviunilor

Există un conflict inerent între distribuția flexibilă și costurile de întreținere privind decolmatarea rețelelor în sistemele cu prize de captare la râuri cu transport aluvionar important. O distribuție flexibilă conduce la condiții de curgere nestaționară și ocazional la viteze reduse ale curgerii, încât crește cantitatea de aluviuni depuse. Modernizarea poate avea în vedere în acest caz următoarele categorii de măsuri:

- înlăturarea aluviunilor înainte de a ajunge în canal;
- înlesnirea decolmatării canalului;
- menținerea aluviunilor în suspensie.

2° Randamentul conducerii operative

Randamentul conducerii operative caracterizează *eficiența deciziilor*, de natură tehnică și organizatorică la nivelul amenajării pentru irigații. Un parametru esențial în acest sens îl reprezintă *informația*, respectiv cantitatea, calitatea și ritmul de transmitere al acesteia de la și către factorii responsabili din sistem.

Nivelul de informatizare al complexului de activități privitoare la controlul distribuției apei – respectiv automatizarea, dispecerizarea, telecontrolul – precum și informatizarea activității de asistare a deciziilor reprezintă elemente caracteristice ale conducerii operative moderne a sistemului de irigații; produsul final al informatizării este **sistemul informatic**. Acest sistem informatic poate fi de proces, de gestiune și pentru sprijinirea deciziilor.

În sistemele hidroameliorative trebuie reconsiderată *dispecerizarea* având în vedere o serie de factori:

- *modificările reclamate la trecerea la economia de piață*, în special cele referitoare la structura actuală de proprietate, ca și noile cerințe asupra exploatarea sistemelor de irigații ce rezultă din acest fapt;
- *dezvoltarea și existența pe piață a noilor tehnologii, aparate și echipamente electronice și informatice*, care vin să completeze și să dezvolte gama mai veche de aparatură, cu dispozitive mai complexe, mai performante, mai fiabile și aplicații mai evoluate;
- *necesitățile legate de gestiunea eficientă a mijloacelor și resurselor* în cadrul sistemelor hidroameliorative.

Urmărirea și înregistrarea parametrilor funcționali ai schemelor hidrotehnice-cu prioritate apometria și debitmetria – devine, în noile condiții, o cerință urgentă din mai multe motive:

a) existența datelor înregistrate cu privire la posibilitățile de apă este de natură să asigure o distribuție echilibrată către beneficiari;

b) este important să se livreze o cantitate de apă cât mai apropiată de cerința reală, mai ales la irigația prin aspersiune;

c) măsurarea corectă și prezența înregistrărilor poate ajuta la prevenirea și limitarea pierderilor; existența informațiilor privitoare la localizarea zonelor cu pierderi importante de apă în canalele de aducțiune este utilă pentru planificarea lucrărilor de reparații sau re-căptușiri;

d) măsurarea parametrilor funcționali ai stațiilor de pompare și a echipamentelor de reglare aferente rețelei de transport a apei (vane, stavile ș.a.) reprezintă premisa exploatării raționale a acestora;

e) existența și funcționalitatea aparaturii de apometrie și debitmetrie este direct legată de profitabilitatea amenajării hidroameliorative; fără măsurarea apei și existența înregistrărilor corespunzătoare nu se poate stabili cota care îi revine fiecărui beneficiar și nu se poate realiza gestiunea corectă a volumelor de apă predate/primate către beneficiar;

f) măsurătorile și înregistrările corecte sunt esențiale pentru contabilitate și în scopuri legale.

Realizarea dispecerizării în sistem informatizat prezintă o serie de avantaje, o estimare a acestor avantaje referindu-se la:

- *reducerea forței de muncă necesare pentru activitățile operative.* În situația funcționării automate a stațiilor de pompare, personalul stațiilor se poate înlocui cu o echipă mobilă de intervenții; introducerea mijloacelor automate de apometre și debitmetre va conduce la reducerea personalului necesar pentru realizarea acestor măsurători;

- *reducerea pierderilor de apă și a consumurilor de energie.* Introducerea controlului automat al elementelor schemei hidrotehnice va conduce la optimizarea distribuției apei, pentru ca aceasta să ajungă în cantitățile și la momentele de timp necesare la beneficiari. În acest fel, se evită pierderile rezultate din menținerea în sistem a unei cantități de apă mai mari decât este necesar, respectiv la minimizarea cantității de energie electrică aferentă pomparei;

- *ameliorarea controlului distribuției apei la beneficiari.* În situația actuală, când apa este plătită de beneficiari, introducerea dispecerizării va permite realizarea monitorizării și controlului distribuției apei în aval de punctele de alimentare ale acestora. Prin utilizarea echipamentelor corespunzătoare se poate realiza

taxarea automată a consumurilor de apă și, acolo unde este necesar, se poate implementa telecontrolul furnizării apei la beneficiari.

Stocarea în baza de date a dispecerului a datelor reale, privitoare la consumurile de apă, creează premise optimizării acestor consumuri prin corelarea acestora cu necesitățile reale ale culturilor irigate.

5.1.6. RANDAMENTUL CONSUM FORȚĂ DE MUNCĂ

Este un indicator atent analizat în cadrul studiilor de reabilitare a amenajărilor de irigații, în contextul și al gradului de asigurare cu forță de muncă a zonei, în funcție de grupele de cultură, pe tehnici de aducțiune și distribuție a apei, metode de udare și a tipurilor de randamente.

Cercetările întreprinse în țară, în vederea determinării productivității muncii pentru instalațiile de aspersiune care echipează peste 80% din suprafața amenajată existentă (IAM, IAT și IATL), au pus în evidență valori de la 16,6 ha/om în cazul mutării manuale până la 45-52 ha/om în cazul mutării mecanizate (V. Bratu, 1982).

Respectând caracteristicile tehnologice ale sistemelor de irigații existente, cele mai importante căi spre economisirea forței de muncă constau în:

- înlocuirea echipamentului existent cu instalații de udare multiperformante, autodeplasabile;
- lucrul în grup al mașinilor de irigat cu o planificare optimală a operațiilor.

5.1.7. CONCLUZII PRIVIND RANDAMENTELE ȘI EFECTUL DE EFICIENTIZARE A SISTEMELOR DE IRIGAȚII

Analiza criteriilor de performanță, respectiv a randamentelor care caracterizează gradul de eficiență a amenajărilor de irigații în concepția actuală la nivel mondial și național, reliefează faptul că nu poate fi stabilită o ordine de priorități funcție de importanță pe care unul sau altul dintre randamentele definite o prezintă în metodologia reabilitării sau modernizării sistemelor de irigații.

Se poate aprecia că problemele a căror rezolvare necesită cu prioritate angajarea în studii, cercetări și analiză în teren și laborator, în vederea fundamentării măsurilor de reabilitare, trebuie să vizeze în principal:

- creșterea randamentelor hidraulice, în special la nivelul aducțiunilor și distribuțiilor de apă;
- creșterea randamentelor energetice în vederea reducerii consumurilor de energie electrică pentru pomparea apei;

- informatizarea activităților de exploatare a amenajărilor de irigații, incluzând informatizarea de proces, pentru asistarea deciziilor și de gestiune.

Notă:

Studiile și cercetările întreprinse pentru fundamentarea modelelor-randamente, strategii în tehnicile de automatizare și dimensionări de rețele de irigații (în ploturi) au fost desfășurate în sistemele de irigații: Tabăra-Trifești (b.h. Prut), Carasu (Dobrogea), Ialomița-Călmățui (fl. Dunărea) și laboratoarele universității de Hidrotehnică Iași și I.C.I.T.I.D., prin teze de doctorat; cercetări prin contracte, studii în laboratorul catedrei, în câmpuri experimentale și prin documentare bibliografică.

5.2. STRATEGII, SCHEME ȘI SCENARII DE DEZVOLTARE RURALĂ, CU CERINȚE DE MODERNIZARE A AMENAJĂRILOR (DE IRIGAȚII). STUDII DE CAZ: SISTEMELE DE IRIGAȚII: „CÂMPIA BUZĂULUI”; „TABĂRA-TRIFEȘTI” PRUT; „SUD-SOLONEȚ”

În categoria strategiilor sau a scenariilor folosite la irigații, am considerat că se impune să reținem atenția specialiștilor preocupați de ridicarea eficienței în irigații, prin modernizări sau realizări de noi amenajări asupra a două grupe de probleme, în principal:

- scenarii/scheme pentru dezvoltare rurală legate de irigații;
- soluții/scheme de conducere operativă în exploatarea amenajărilor de irigații.

Desigur, în realitate strategiile (scenariile sau variantele) ce pot fi adoptate în irigații, ca în orice sector tehnic, economic, social, financiar și de orice altă natură, pot fi numeroase și diverse.

În studiul de față, colectivul nostru a reținut, deocamdată, numai pe cele două, fiind și de primă importanță, precum și datorită faptului că au putut fi fundamentate prin date studiate cu contribuții directe (ca studii de doctorat în Sistemul de irigații Câmpia Buzăului, idem în lunca Prutului S.I. Sud Soloneț, în S.I. Ialomița Călmățui – ca studiu personal, în S.I. Carasu),

ca și în laboratoarele I.C.I.T.I.D.-ului și ale Facultății de Hidrotehnică din Institutul Politehnic Iași (1985-2000).

5.2.1. SCHEME/SCENARII DE DEZVOLTARE RURALĂ, CU CERINȚE DE MODERNIZARE ÎN SISTEMUL DE IRIGAȚII „CÂMPIA BUZĂULUI”

1° Suprafețele irigate în ultimii ani

Sistemul de irigații C. Buzăului a fost proiectat înainte de 1989 (fig. 5.5.) și a avut în vedere organizarea unităților agricole din perioada respectivă.

Limitele ploturilor au ținut seama de limitele unităților de atunci.

Cerințele de apă au avut în vedere numai irigația cu predominanța culturilor de câmp și a viței de vie, pentru legume avându-se în vedere o suprafață limitată la nord și nord-vest de Buzău.

După 1989, condițiile social-economice s-au modificat radical, ceea ce a avut consecințe și asupra exploatării și utilizării amenajărilor existente la data actuală.

Suprafața irigată s-a redus an de an, iar în anul agricol 1998, care a fost secetos în lunile de vară, s-a irigat o suprafață neînsemnată care este prezentată în tabelul nr. 5.9.

Se remarcă faptul că se folosește numai o capacitate de circa 5% din suprafața amenajată și că s-au irigat în mai mare măsură culturile cu profit mai mare, ca legumele, cartofii, livezile, iar din culturile de câmp: sfeclă de zahăr și floarea-soarelui.

Cauzele reducerii gradului de utilizare sunt:

- lipsa echipamentelor de udare (tabelul nr. 5.10.);
- lipsa de posibilități financiare ale agricultorilor privați pentru a iriga și prețurile reduse ale produselor agricole.

Cele mai acute nevoi sunt la instalațiile de aspersiune – deficit de 349 buc – și la echipamentele de udare pe brazdă EUBA – deficit de 294 buc (v. tab. 5.10.)

Se remarcă și faptul că proiectul de amenajare a prevăzut o suprafață însemnată pentru irigații pe brazde, însă nu s-a realizat nici aprovizionarea cu echipamente specifice de udare, nici nivelarea terenului pentru a putea aplica udări cu eficiență bună.

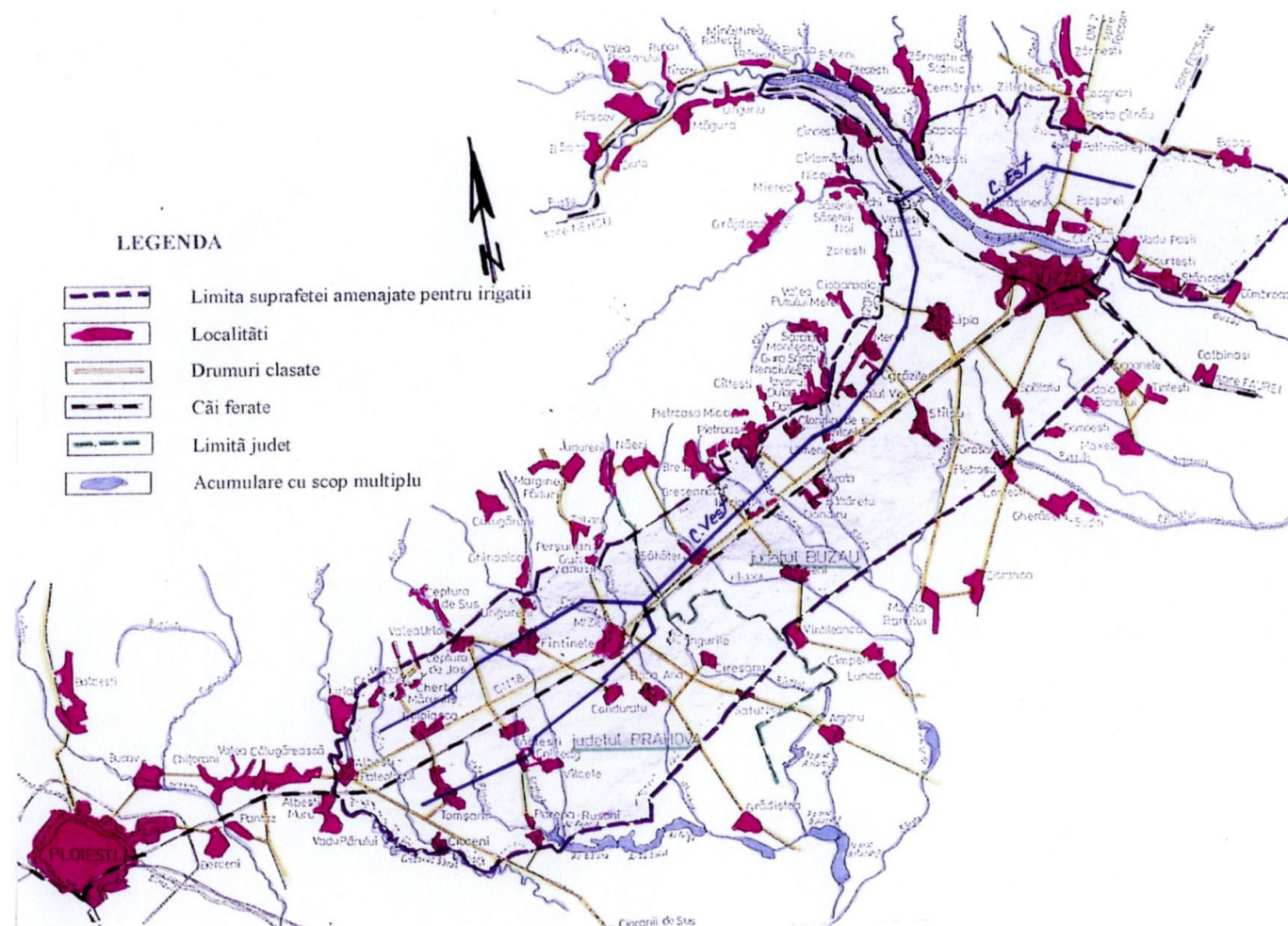


Fig. 5.5. Sistemul de irigații Câmpia Buzăului

Tabelul nr. 5.9. Suprafața irigată în ultimii ani în sistemul de irigații Câmpia-Buzăului – C. Vest

Sistemul administrativ	Plotul	Culturi	Suprafața udată (ha)
Buzău	SPP1/CV (la SCPP Cîndești)	legume+ cartofi vii + livezi	17
	SPP10	legume+cartofi	51
	SPP12 M1+M2 (la SCLF Buzău)	legume+cartofi	291
	SPP15	porumb boabe	4
	SPP16	porumb boabe sfeclă de zahăr	6 56
	SPP2	porumb boabe vii + livezi	1 52
	SPP 22M (la SCPVV Pietroasele)	porumb boabe legume + cartofi vii + livezi	85 5 32
	SPP 22 M4+M5 (la SCPP Cîndești)	porumb boabe vii + livezi	2 69
	SPP 22M8	vii+ livezi	16
	SPP 25C	legume+ cartofi	2

SPP3	porumb boabe	26
	floarea-soarelui	20
	legume+cartofi	15
	vii + livezi	45
SPP4	porumb boabe	19
SPP7 (la SCLF Lipia și particulari)	porumb	89
	floarea-soarelui	14
	legume + cartofi	1225
SPP8 (la SCLF Buzău)	culturi furajere	45
	legume +cartofi vii + livezi	290 4

Tabelul nr. 5.10. Instalații de udare existente în dotarea unității de exploatare la 31.03.1998 și necesarul conform proiectului

Echipament	Existent	Necesar
IIAM cu 17 aspersoare	336	685
IAT – 300	23	23
IATF-300 cu 2 aspersoare ARS-2	7	7
IA tip pivot(aripi cu aspersoare ARS – 2)	12	12
Seturi de udare EUBA	45	339

2° Consumurile specifice de energie

Consumurile specifice de energie electrică sunt mult mai mici decât în alte amenajări, datorită faptului că nu este necesară energia electrică decât pentru punere sub presiune și, în cazul folosirii udărilor pe brazde, înălțimea de pompare este de 20 și 30 m.

Consumurile energetice în C. Buzăului Vest în anul 1997 sunt arătate în tabelul nr. 5.11.

Tabelul nr. 5.11. Consumurile specifice de energie pentru pomparea apei pe ploturi de irigații în sistemul Câmpia Buzăului Vest

Plot	SPP ₇	SPP ₁₂ M	SPP ₂	SPP ₃	SPPM ₂	SPP ₆	SPP ₂₅ A	SPP ₁	SPP ₂₂ M ₄ + M ₅
kWh / 1000 m ³	152	154	193	191	187	223	205	205	225

Se observă că în toate ploturile, consumul de energie electrică este cuprins între 150 și 240 kWh/1000 m³, cu mult sub cel din sistemele cu pompare din Dunăre sau cele din Dobrogea.

Agricultorii înscriși în asociații agricole nu pot însă folosi puținele echipamente de care dispun, deoarece nu sunt organizați în asociații ale utilizatorilor de apă pentru irigații (A.U.A.I.) care ar permite utilizarea rațională a acestora. De asemenea nu se practică încă o agricultură de piață cu orientare spre culturi profitabile.

3° Scenarii pentru dezvoltare rurală legate de irigații

Elementele de fundamentare se propun a fi:

- creșterea ponderii suprafeței ocupate de culturi cu rentabilitate mare, ca legumele, cartofii, sfecla de zahăr, până la o limită permisă de posibilitățile de piață internă și de export;

- dezvoltarea unor unități de prelucrare a legumelor și fructelor în așezările situate de-a lungul canalului CV (întreprinderi mici și mijlocii);

- conturarea unei noi organizări funciare, cu exploatații agricole private mici și mijlocii.

Pe etape se pot identifica următoarele evoluții:

I. folosirea sistemului într-un grad mediu de către agricultorii de stat și cei privați, cultivatori de legume; durata acestei etape este de maximum 5 ani;

II. folosirea irigatului de agricultorii privați și de stat atât pentru legume cât și pentru alte culturi rentabile ca sfecla, floarea soarelui, porumb, iar stațiuni experimentale pentru vii și pomi. Extinderea suprafeței ocupate de legume mai ales în jurul municipiului Buzău și de-a lungul canalului în partea de sud a acestuia. Etapa poate dura 10-15 ani;

III. extinderea irigațiilor și a viței de vie și în special la pomi, prin sectoare localizate.

Apariția de cerințe de consum de apă din canale și pentru alte utilități crește în special pentru zootehnie și pentru întreprinderi de prelucrare a legumelor și fructelor.

Direcțiile de modernizare a sistemului se pot realiza în legătură strânsă cu programele de dezvoltare rurală a zonei și se referă la:

- asigurarea cu apă la „cerere” a beneficiarilor, pentru cei ce irigă culturi cu rentabilitate mare (legume, cartofi, plantații de pomi), pentru toată suprafața în final;
- îndesirea rețelelor de conducte ca să se asigure distribuția până la nivelul unor exploatații mici de 1-2 ha;

- înlocuirea hidranților cu borne de irigație (cu contor, regulator de presiune și limitator debit) cel puțin în zonele unor cultivatori de legume;

- dotarea cu contoare cel puțin în punctul de intrare în antenă, pentru restul suprafeței amenajate.

4° Scenarii ale evoluției consumurilor de apă

În legătură cu scenariile de dezvoltare rurală a zonei s-a realizat o fundamentare a modificării cerințelor de apă în etapele de perspectivă. În dimensionarea lucrărilor de modernizare avem în vedere consumurile în faza finală, când acestea ajung la valori maxime.

Dinamica consumurilor de apă și a debitelor distribuite față de etapa actuală se va modifica datorită mai multor factori și anume:

- extinderea suprafețelor cultivate cu legume, în detrimentul celor ocupate actualmente de viță de vie nobilă și în special hibridă. Trebuie avut în vedere că în dimensionarea lucrărilor existente s-a avut în vedere nu procentul relativ mare al suprafețelor la plantații viticole, ci și consumuri mici de apă comparativ cu legumele;

- modificări ale structurii de culturi de câmp în sensul măririi suprafețelor cu sfeclă de zahăr și floarea-soarelui, care au profit mai mare decât cerealele și culturile furajare;

- trecerea la folosirea din ce în ce mai extinsă a distribuției la „cerere” care asigură o libertate maximă a beneficiarului în efectuarea irigației.

Pe etape de dezvoltare rurală se prevede următoarea dinamică a suprafețelor cultivate cu legume în amenajarea Câmpia Buzăului Vest (tabelul nr. 5.12.)

Tabelul nr. 5.12. Dinamica suprafețelor cultivate cu legume

Etapa I (următorii 5 ani)	cca. 3.000 ha
Etapa a II-a (următorii 10-15 ani)	cca. 10.000 ha
Etapa a III-a (restul perioadei de exploatare)	stabilizarea suprafeței cu legume la cca. 12.000 ha

Etapa I

Principalii consumatori de apă vor fi:

- cultivatorii de legume particali și cei cu capital de stat;
- societățile agricole cu capital de stat și stațiunile de cercetare viticolă (Pietroasele), legumicolă (Buzău) și pomicolă (Cîndești);
- asociațiile agricole cu personalitate juridică și asociațiile familiale.

Culturile irigate se referă la: legume, cartofi, porumb, sfeclă, floarea-soarelui, soia, pomi.

Vița de vie nu se irigă decât la stațiunea Pietroasele, deși există o suprafață semnificativă în tot sistemul, datorită lipsei echipamentelor de udare, consumului mare de energie electrică pentru distribuția apei (având în vedere că amplasarea ploturilor care irigă vița de vie este în dreapta CA Vest și au înălțimi relativ mari de pompare).

Pentru creșterea suprafețelor irigate, în situația actuală este necesară înființarea asociațiilor utilizatorilor de apă pentru irigații (A.U.A.I.) pe ploturi, iar în cazul proprietarilor particali – cultivatori de legume, asociații – pe antene și canale distribuitoare de sector.

Se menține distribuția apei prin rotații și în ploturile cu legumicultori în organizarea căreia se vor implica A.U.A.I., iar debitele transportate pe CA, distribuții și stații de punere sub presiune nu vor depăși pe cele luate în considerație la stabilirea capacităților de transport și pompare actuale.

Etapa a II-a

Principalii consumatori rămân aceiași, dar va crește suprafața irigată de cultivatorii particali de legume de circa 3 ori (peste 10.000 ha).

Pentru a asigura această creștere este necesară o organizare exemplară a serviciului de distribuție a apei și asigurarea promptă a apei conform nevoilor de udare.

În această etapă se asigură tranziția de la distribuția prin rotație la distribuția la „cerere”, în ploturile unde sunt cultivatori de legume particali, care din totalul de 10.000 ha vor reține circa 5.000-6.000 ha.

Deși se mărește suprafața cultivată cu legume, debitele specifice pe ansamblul sistemului și pe ploturi nu se măresc față de cele de la proprietari și aceasta pentru că extinderea suprafeței cu legume se va face în condiții care rămân în afara procesului de irigații, suprafețe mult mai mari cu plantații de viță de vie.

Dacă pe tronsoanele CA Vest debitele nu se modifică, și nici pe derivații, în schimb la unele ploturi (unde se adoptă distribuția la „cerere”) vor fi necesare creșterea debitului maxim al SPP și înlocuirea unor agregate de pompare.

Etapa a III-a

Se stabilizează suprafața cultivată cu legume la

circa 12.000 ha. Ploturile cu pondere mare a legumelor vor fi în apropierea municipiului Buzău, a orașului Mizil și de-a lungul CA Vest în partea sudică față de traseul său.

În toate ploturile cu legume se definitivează distribuția la „cerere”.

În toate aceste ploturi sunt necesare:

- unele înlocuiri de agregate de pompare la SPP (pentru a satisface debitul maxim care, în noul mod de distribuție, este mai mare decât în ipoteza de proiectare a lucrărilor actuale);
- echiparea acestor ploturi cu borne de irigație, având contor volumetric, regulator de presiune și limitator de debit.

De asemenea, se impune îndesirea rețelelor de distribuție, care, fiind cu antene distanțate la 800 m, nu fac față noii configurații a fondului funciar.

Creșterile de debit pot fi satisfăcute de schema hidrotehnică actuală, pe seama reducerii consumurilor specifice de apă pentru irigații în ploturile contorizate.

Consumurile de apă pentru irigații se extind în această etapă în ploturile de la nord de CA Vest, cu plantații de vie, dar vor fi mici deoarece se vor face modernizări prin amenajări interioare de irigații prin picurare.

O creștere a consumurilor este posibilă pe seama dezvoltării sectorului zootehnic particular și a întreprinderilor mici și mijlocii.

Satisfacerea la „cerere” a cerințelor de apă în ploturi conduce la funcționarea în condiții de fiabilitate a schemei hidrotehnice în ansamblu și implicit a canalului CA Vest cu derivațiile sale.

5° Obiective ale cercetărilor legate de strategiile dezvoltării

Problemele care necesită rezolvări tehnico-științifice în legătură cu modernizarea amenajării de irigații C. Buzăului, având în vedere aceste evoluții posibile în viitor, sunt:

- analiza cerințelor hidraulice (debite, presiuni) și constructive (îndesirea antenelor), a modificărilor și a dotărilor suplimentare pentru distribuția la „cerere”;
- adaptarea soluției de automatizare a schemei hidrotehnice la cerințele viitoare;
- informatizarea și monitorizarea la nivel de schemă și de plot;
- intervenții în structura și funcționalitatea ploturilor pentru a se putea realiza distribuția apei la „cerere” în minimum de timp cu minimum de efort.

Prin consumurile specifice reduse de energie, asigurate de priză, ca și prin condițiile naturale favorabile, pe o mare parte din suprafața gravitațională pe brazde sau bivalentă, amenajarea CA Vest poate asigura și furniza apă pentru irigații în condiții avanta-

joase pentru agricultori, la tarife scăzute.

Pentru a dezvolta „cererea” de apă, peste un prag care să facă serviciul rentabil, este nevoie de studii, analiză și cercetări în următoarele condiții :

- trecerea la alt sistem de reglare a nivelurilor pe CA Vest care să se acomodeze și la cererea mică de apă și la cererea mare;

- echiparea ploturilor cu rezervoare (de presiune) și borne de irigații;

- îndesirea rețelilor de distribuție funcție de noua configurație cadastrală după finalizarea punerii în posesie a agricultorilor; aceasta se impune pentru motivul că distanța actuală între antene, de 800 m, este exagerat de mare și nu permite accesul la hidranți al deținătorilor de teren care nu au lotul cu capătul până la antenă;

- informatizarea în scopul reglării centralizate a sistemului și dispecerizarea distribuției apei;

- crearea facilităților necesare pentru a se asigura distribuția apei la „cerere”, în prima etapă în ploturile unde sunt legumicultori privați, care efectuează udări frecvente și pe suprafețe mici și în etapa finală în toată amenajarea;

- modernizarea amenajărilor prin brazde trecându-se de la brazde scurte înfundate la brazde lungi, cu randament ridicat și uniformitate superioară;

- studierea și organizarea unui plot-pilot (ex. SPP7) pentru înstruirea practică a agricultorilor.

5.2.2. SOLUȚII DE CONDUCERE OPERATIVĂ INFORMATIZATĂ A EXPLOATĂRII SISTEMELOR DE IRIGAȚII: „TABĂRA TRIFEȘTI” ȘI „SUD SOLONEȚ”, RÂUL PRUT

Înscrierea unei problematice de genul celei prezentate prin titlu, în cadrul unei teme ca „Dispecerizare-automatizare în sistem informatizat pentru asigurarea distribuției apei la cerere în irigații”, comportă studierea prealabilă a două grupe de probleme:

- stadiul actual de dezvoltare a informatizării și dispecerizării în exploatarea sistemelor de irigații și

- software de bază (programe calculator) pentru conducerea operativă, ambele probleme găsindu-și aplicabilitatea la studiul de caz „S.I. Sud Soloneț-Prut” (fig. 5.6.).

5.2.2.1. Stadiul actual de dezvoltare a informatizării și dispecerizării în exploatarea sistemelor de irigații

1° Stadiul actual de organizare și conducere operativă a sistemului de irigații „Sud Soloneț”

În noile condiții ale economiei de piață, în care își desfășoară activitatea sistemele de irigații din Ro-

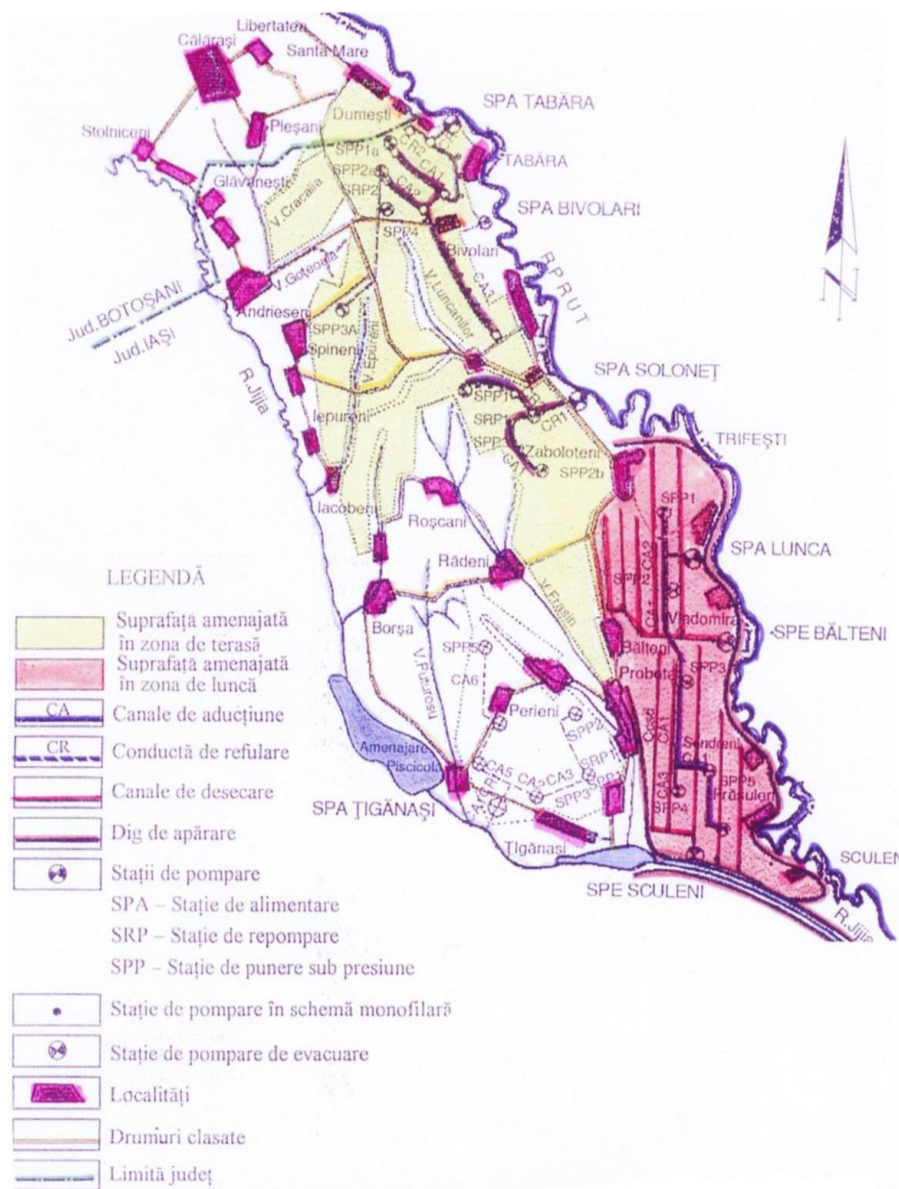


Fig. 5.6. Amenajări pentru irigații în zona Tabăra-Trifești-Sculeni, județele Iași și Botoșani (D. Burlacu)

mânia, coordonarea funcționării eficiente și rentabilitatea acestora trebuie realizate printr-o conducere operativă. În schema de organizare (organigrama) actuală a Administrației Naționale a Îmbunătățirilor Funciare, conducerea operativă a exploatării este dependentă, funcțional și ierarhic, de compartimentele de bază ale sistemului ca și de deciziile elaborate la nivelele superioare de coordonare.

Amenajarea pentru irigații Tabăra – Trifești – Sculeni, în care se încadrează și sistemul Sud Soloneț, respectă schema clasică de organizare pe compartimente funcționale a unui sistem de irigații: compartiment de întreținere-exploatare, compartiment de avertizare și îndrumare tehnică, compartiment de utilaje și stații de pompare, compartiment economico-financiar.

Este necesar a se stabili modul de integrare a fiecărui compartiment în sistemul propus de conducere operativă informatizată, tipul de date și limitele necesare.

2° Posibilitățile generale actuale ale informatizării

Având în vedere posibilitățile generale legate de reabilitarea și re tehnologizarea amenajărilor de irigații s-au luat în considerare posibilitățile oferite de informatizare (în prezent).

Pe lângă automatizare, **informatizarea** mărește gama de aplicații și facilitățile operative ale sistemului și aduce îmbunătățiri legate de:

- colectarea exactă și operativă a datelor tehnice și economice;
- evidența operațională a situațiilor ce caracterizează activitatea sistemului;
- dispecerizarea funcționării obiectivelor automatizate din sistem, de îmbunătățirea organizării activităților.

Analiza obiectivelor ce pot fi informatizate în cadrul amenajărilor pentru irigații trebuie aprofundată în direcția automatizării proceselor informațional-decizionale și tehnologice, cu implicații majore în ameliorarea deciziilor și în creșterea eficienței în exploatarea sistemelor.

Ca și în cazul altor domenii, informatizarea sistemelor de irigații presupune un complex de activități cu specific informatic, referitoare la: *culegerea, stocarea, transmisia și prelucrarea informațiilor*.

Aceste activități specifice au un conținut caracteristic variabil în general, dar necesită *adaptări* corespunzătoare caracteristicilor specifice oferite de obiectivul informatizat – care este în acest caz sistemul de irigații – aflat în anumite condiții care influențează de asemenea conținutul fiecărei activități.

➤ Produsul final al activității de informatizare este **sistemul informatic**.

În funcție de obiectivele pe care acesta le realizează se disting 3 categorii principale de sisteme informatice:

- *sisteme informatice de proces* – cuprind ansamblul echipamentelor și programelor calculator cu rol de *dispecerizare* în sistemul hidroameliorativ;

- *sisteme informatice operative* – conțin ansamblul echipamentelor și aplicațiilor (programe calculator) cu rol de *ajutor în conducerea operativă* (asistare și automatizare a deciziilor) în cadrul sistemului hidroameliorativ (de exemplu aplicațiile pentru pilotarea udărilor, pentru calculul evapotranspirației etc.);

- *sisteme informatice de gestiune* – conțin ansamblul echipamentelor și aplicațiilor utilizate în scop de *gestiune financiar-contabilă* a amenajării hidroameliorative.

➤ **Dispecerizarea** în sistemele hidroameliorative trebuie reconsiderată în prezent ca problematică de specialitate, având în vedere o serie de *factori de progres*:

- trecerea la *economia de piață*, care reclamă modificări, în special cele referitoare la structura actuală de proprietate, ca și noile cerințe asupra exploatării sistemelor de irigații ce rezultă din acest fapt;

- *noile tehnologii, aparate și echipamente electronice și informatice*, care vin să completeze și să dezvolte gama mai veche de aparatură, cu dispozitive mai complexe, cu performanțe superioare, mai fiabile și cu aplicații deosebit de evolute;

- necesitățile legate de *gestiunea eficientă* a mijloacelor și resurselor în sistemele hidroameliorative.

Dispecerizarea are, ca o componentă de bază, *utilizarea aparaturii de măsură și control*; este deci necesar un anumit grad de automatizare în cadrul sistemului hidroameliorativ.

➤ **Monitorizarea** (urmărirea și înregistrarea) **parametrilor funcționali** ai sistemelor hidrotehnice – cu prioritate *apometria și debitmetria* – devine în noile condiții de progres menționate o cerință urgentă din următoarele considerente:

- existența datelor înregistrate cu privire la disponibilitățile de apă este de natură să asigure o distribuție echilibrată către beneficiar;

- livrarea unei cantități de apă cât mai apropiată de cerința reală devine un factor important mai ales în cazul irigației prin aspersiune;

- măsurarea corectă/precisă și însăși existența înregistrărilor pot ajuta la prevenirea și limitarea pierderilor de apă, existența informațiilor privitoare la localizarea tronsoanelor cu pierderi importante de apă în canalele de aducțiune este utilă pentru planificarea lucrărilor de reparații sau recăptușiri;

- măsurarea parametrilor funcționali ai stațiilor de pompare și ai echipamentelor de reglare aferente rețelei de transport a apei (vane, stavile etc.) reprezintă premisa exploatarei raționale a acestora, cu randamente și eficiență superioare;

- existența și funcționalitatea aparaturii de apometrie și debitmetrie este direct legată de profitabilitatea amenajării hidroameliorative în ansamblu; fără măsurarea apei și existența înregistrărilor corespunzătoare nu se poate stabili cota care îi revine fiecărui beneficiar și nu se poate realiza gestiunea corectă a volumelor de apă predate/primate către beneficiar;

- măsurătorile și înregistrările corecte sunt esențiale pentru contabilitate și legalitate în general.

➤ **Nivelul de dezvoltare al automatizării, dispecerizării și informatizării sistemelor hidroameliorative** de la o țară la alta și de la un sistem la altul este foarte diferit atât din motivații tehnice, cât și din considerente economice și sociale.

În situația actuală, în cadrul schemei hidrotehnice a sistemului Sud Soloneț (și de fapt a întregii amenajări de irigații Tabăra-Trifești-Sculeni) operarea în exploatare este **în întregime manuală**.

Experiența acumulată în *alte sisteme de irigații din România*, de exemplu în sistemul **Olt-Călmățui**, în peste 20 de ani de funcționare **în sistem automatizat** și **dispecerizat** cu calculator on-line în circuit deschis, a arătat eficacitatea acestor sisteme de dispecerizare cu un oarecare grad de informatizare în dirijarea funcționării schemei hidrotehnice și pentru optimizarea economică – reducerea forței de muncă, reducerea consumurilor de apă și de energie electrică, asigurarea promptă a apei la beneficiari în funcție de necesități etc.

Pe plan mondial, dezvoltarea explozivă în ultima perioadă a *tehnologiilor informatice* oferă în prezent perspectiva implementării funcțiilor clasice de **automatizare** și **dispecerizare** la un indice preț/performanță deosebit de avantajos.

Realizarea unor *sisteme informatice* de tip **SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition), cu rol de **dispecerizare în sistem computerizat**, ca și a altor sisteme dotate cu performanțe înalte care au apărut în ultima vreme, indică posibilitatea **implementării** unor sisteme similare și în condițiile specifice sistemelor de irigații din România.

O estimare cantitativă a beneficiilor realizabile prin **dispecerizarea în sistem informatizat** este foarte dificil de realizat în această etapă, avându-se în vedere lipsa de experiență în utilizarea și aplicarea unor tehnologii mondiale la sistemele hidroameliorative din România, sisteme care între anii 1990-2000 s-au aflat aproape în totalitate în așa-numită „conservare”, foarte puține subsisteme relativ mici funcționând periodic,

dar cu performanțe tehnico-economice reduse.

Avantajele recunoscute ale **dispecerizării în sistem informatizat** sunt multiple, o estimare calitativă a acestor avantaje referindu-se în principal la :

- reducerea pierderilor de apă și a consumurilor de energie;

- ameliorarea controlului distribuției apei la beneficiari;

- reducerea forței de muncă necesară pentru activitățile operaționale.

În concluzie, aplicarea acestui ansamblu de măsuri preconizat, respectiv **automatizare-dispecerizare-informatizare**, este de natură să crească eficiența operării sistemului de irigații, în primul rând prin **reducerea pierderilor de apă**, care vor fi semnalate la **dispecer** prin sesizarea diferențelor de consum în raport cu regimul normal de consumuri, iar pe de altă parte prin **optimizarea regimurilor energetice**.

5.2.2.2. Problemele informatizării activității de exploatare a sistemelor de irigații

În scopul asigurării unui nivel superior al funcționării amenajărilor de irigații – conform cerințelor moderne de management specifice economiei de piață – este necesar să se cunoască modul de comportare a sistemului în ansamblu, prin analiza și corelarea parametrilor tehnici (ce determină randamentele) și economici (consumuri, producții, costuri) ai componentelor sistemului pentru diferite regimuri de exploatare.

Cunoașterea comportării reale a unui sistem aflat în exploatare, avându-se în vedere situații funcționale și condiții concrete, necesită cel puțin o monitorizare periodică (ideal ar fi o monitorizare permanentă) care să realizeze evaluarea și diagnosticarea acestor sisteme. Pe această bază se stabilesc măsuri adecvate și optimizate de **reabilitare și re tehnologizare** a sistemului de irigații. Această acțiune trebuie făcută prin prisma unei abordări complexe, urmărindu-se mai multe obiective:

- elaborarea **planului de operare** a sistemului bazat pe conceptul de servicii către beneficiarii de apă în concordanță cu nevoile acestora, ceea ce permite **conducerea operativă** a sistemului;

- asigurarea unei anumite **flexibilități** a acestuia, în scopul creșterii gradului de satisfacere a cerințelor de apă, avându-se totodată în vedere **eliminarea fraudei și taxarea echitabilă** a consumatorilor, ceea ce necesită introducerea unui anumit grad de **automatizare**;

- asigurarea unui sistem eficient de **transmitere a informațiilor**, în interiorul sistemului de irigații și între acesta și sistemele adiacente – beneficiari și nivele ierarhice superioare – ceea ce impune constituirea unei **rețele de dispecerizare**;

- evidențierea și analiza **indicilor de performanță** cu privire la:

- măsurătorile de proces, respectiv realizarea sistemelor tehnice de măsurare a parametrilor funcționali caracteristici operării în interiorul sistemului de irigații;

- măsurători ale parametrilor funcționali la interfața cu beneficiarii, respectiv debite și volume livrate;

- evaluarea de impact, respectiv urmărirea și estimarea efectelor ieșirilor (output-urilor) din sistem asupra mediului.

Performanțele sistemului – ce caracterizează dinamic efectele metodelor și măsurilor aplicate de reabilitare a exploatării și de re tehnologizare la diferite niveluri ale sistemului de irigații, făcând posibilă modelarea acestora și eficientizarea exploatării – trebuie considerată din mai multe puncte de vedere:

1°. Din punct de vedere al **fermierului**, ca utilizator final al sistemului, în acest cadru se urmărește:

- a/ *adecvarea sistemului*, respectiv nivelul la care acesta asigură apa, în cantitate și de calitate corespunzătoare irigației culturilor;

- b/ *fiabilitatea sistemului*, adică nivelul la care sistemele de irigații și distribuirea apei corespund așteptărilor beneficiarilor;

- c/ *promptitudinea*, respectiv adecvarea dintre distribuirea apei și nevoile culturilor;

- d/ *asigurarea debitelor necesare*;

- e/ *costul apei*;

- f/ *echitatea distribuirii apei între diverși beneficiari ai acesteia*.

2°. Din perspectiva personalului de deservire:

- a/ *dificultățile hidraulice și de operare*;

- b/ *problemele echipamentelor*;

- c/ *problemele de întreținere*.

3°. Din perspectiva **managerului** sistemului:

- a/ *necesarul de personal angajat*;

- b/ *aspectele economico-financiare*;

- c/ *probleme referitoare la protecția mediului*.

4°. Din perspectiva **zonei/teritoriului** pe care este amplasat sistemul de irigații și respectiv al autorităților regionale :

- a/ *echitatea distribuției resurselor de apă către beneficiar*;

- b/ *eficiența sistemului de irigații – eficiența utilizării apei*;

- c/ *impactul asupra mediului*;

- d/ *gradul de ocupare a forței de muncă la nivel regional*;

- e/ *profitabilitatea financiară a sistemului*;

- f/ *viabilitatea sistemului*;

- g/ *calitatea vieții*, cu aspecte referitoare la asigurarea cu hrană a populației, dezvoltarea regională, sănătatea populației etc.

Elementele ce guvernează stabilirea planului de

operare și respectiv a conducerii operative a sistemului de irigații se prezintă sintetic astfel:

- a/ nivelul anticipat al serviciilor;

- b/ nivelul controlului exercitat la centrul de priză, la SPP;

- c/ procedurile decizionale adoptate pentru distribuția apei;

- d/ sistemul de comunicații;

- e/ sistemul de asistare/documentare a deciziei pentru conducerea operativă;

- f/ procedurile de culegere, stocare, prelucrare și utilizare a informațiilor.

5.2.2.3. Schema funcțională a procesului de informatizare și modurile posibile de realizare

Informatizarea sistemelor și elaborare a schemei corespunzătoare necesită aplicarea unor metode adecvate de analiză, care în primul rând au în vedere natura sistemului, de unde rezultă *direcțiile de abordare* a studiului. De asemenea, complexitatea sistemului, care determină amploarea acțiunilor întreprinse, presupune descompunerea acestuia în subsisteme componente, interconectate funcțional și respectiv informațional.

1°. Această abordare, aplicată **amenajării** pentru irigații, pune în evidență două categorii de factori cu implicații majore în dinamica sistemului:

- factorii/parametrii structurali (tehnici, naturali, economici etc.);

- deciziile/comenzile distribuite în sistem, cu referire la parametrii controlați și procedeele de comandă și control utilizate; se stabilesc, astfel, anumite *fluxuri tehnologice*.

Schema bloc a elementelor componente, conexe informațional, este prezentată în figura 5.7.

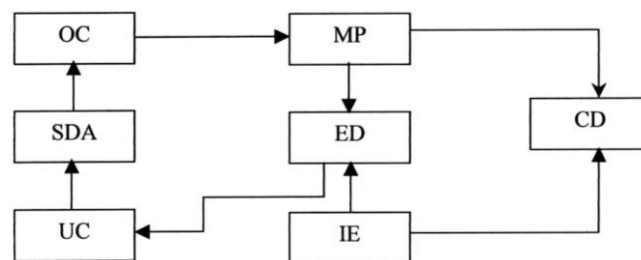


Fig. 5.7. Interconectarea informațională a elementelor structurale și decizionale

În cazul de față, sistemul de irigații poate fi structurat pe 2 nivele de referință: schema hidrotehnică a amenajării și suprafețele irigate aferente:

la nivelul schemei hidrotehnice a amenajării:

OC – agregate și stații de pompare, vane, stavile;

SDA – rețea de canale și conducte;

UC – operator uman al stației sau al centrului dispecer;

MP – nivele și debite pe canale, presiuni și debite pe conducte, parametri funcționali ai stațiilor, respectiv ansamblul aparatelor și metodelor utilizate în scopul determinării acestora;

ED – evaluarea situației și decizia de aplicare a programelor de funcționare ale stațiilor și ale componentelor schemei hidrotehnice;

IE – informații referitoare la necesarul de apă cumulat al culturilor (grafice de udare), disponibilul de resurse, starea echipamentelor;

CD – criteriul economic, organizarea activităților în interiorul amenajării hidroameliorative, evaluări asupra eficienței, oportunității, riscurilor alte criterii.

la nivelul suprafeței irigate:

OC – suprafața irigată (plot, tarla, parcelă);

SDA – tehnica de udare (aspersiune, brazde);

UC – operatorul uman ce controlează volumele distribuite la nivelul suprafeței irigate (vană hidrant) sau dispecerul;

MP – umiditatea solului, evapotranspirația, alți parametri culturali și climatici, respectiv ansamblul aparatelor și metodelor utilizate în scopul determinării acestora;

ED – evaluarea situației și luarea deciziei de aplicare a udărilor;

IE – informații referitoare la disponibilul de resurse: apă, energie, forță de muncă, stare echipamente;

CD – norma de udare, eșalonarea sarcinilor pe echipamente și oameni, alte criterii tehnico-organizatorice locale și/sau provenite de la nivele ierarhic superioare.

Detalierea schemei permite *evidențierea fluxurilor de activități, materiale, energie și informații*, cu implicații directe asupra structurii componentelor procesului informațional-decizional. Pe baza informațiilor, în cadrul blocului de evaluare și decizie, se elaborează **decizia optimă** privitoare la **cantitate, timp și mod de administrare a udărilor**. Prin *sistemul de dirijare al apei* se execută *distribuția apei în câmp*, în conformitate cu deciziile adoptate, iar prin blocul de *măsură parametri* se **monitorizează** modificările parametrilor din teren, acesta având rolul unei *bucle de reacție* cu privire la execuția udării comandate.

2°. Din punct de vedere al implementării schemei prezentate putem distinge mai multe **nivele tehnologice**, în funcție de o multitudine de factori determinanți (nivel socio-economic, tehnologie disponibilă, capacități financiare, dotări prealabile):

a) în cazul predominanței *operării manuale*, majoritatea activităților din sistemul de irigații se execută de către personalul de deservire (exploatare-întreținere), după cum urmează:

- blocul de *măsură parametri* este preluat funcțional de către personalul de exploatare din teren, care

constată vizual starea culturilor, prelevează probe de sol pentru determinarea umidității etc;

- *evaluarea și decizia* revine factorului uman care, în funcție de informațiile deținute și pe baza unor calcule estimative, hotărăște *aplicarea udărilor*;

- *distribuția apei în câmp* se face de către udător prin diverse mijloace (cu sapa pe brazdă, cu furtunul, cu conducte și aripi de aspersiune mutate manual);

- funcțiunile *unității de control* revin *operatorului uman* care se deplasează în câmp, deschide sau închide vanele, stavilele.

b) în *sistemul automat*, operatorul uman intervine predominant, în probleme de conducere, control și întreținere a echipamentelor de automatizare; fazele corespunzătoare sunt:

- printr-o *rețea de aparate* instalate în teren se culeg direct de către *dispecer* parametri specifici, necesari procesului de irigare;

- blocul de *măsură parametri* are rolul de a furniza, înregistra și transmite *datele culese* către blocul de *evaluare și decizie*;

- în cadrul blocului de *evaluare și decizie*, în sistemul automatizat, se realizează *evidența situației operative* cu ajutorul panoului sinoptic și urmărirea unor parametri specifici cu ajutorul panoului de control; acest bloc poate să conțină și echipamente de calcul cu funcțiuni de telecomandă sau lucrări în regim *off-line*;

- *unitatea de control* automatizată conține echipamente pentru realizarea funcțiunilor de dispecerizare (telemăsură, teletransmisie, telesemnalizare, telecomandă, telecomandă);

- *sistemul de dirijare a apei* poate fi automatizat în diverse grade, de exemplu: rampe de udare cu aspersoare anfonabile cu operare telecomandată sau aripi de udare mobile telecomandate.

c) în *sistemul informatizat*, rolul factorului uman revine la utilizarea tehnicii de calcul din dotare precum și la operații de revizii, reparații și întreținere aferente stațiilor de pompare, rețelei de transport a apei etc.

În sistem informatizat se preiau și se dezvoltă funcțiunile sistemului automatizat prin *utilizarea complexă a tehnicii de calcul*; acțiunile se desfășoară astfel:

- unitatea de *măsură parametri* deține același rol ca situația anterioară crescând însă în mod simțitor posibilitățile de *prelucrare locală, stocare și de teletransmisie a datelor*;

- blocul de *evaluare și decizie* poate prelua informația utilă în regim de lucru *on-line*, prin dotarea calculatorului cu o interfață specifică pentru achiziție de date, fie prin atribuirea acestei funcțiuni de *achiziție și prelucrare de date* de către un echipament de tip calculator de proces. *Elaborarea deciziei* se poate face *automat*, în timp real, pe baza unor programe calculator

specifice. Utilizarea programelor calculator în scop de conducere operativă și gestiune în cadrul sistemelor de irigații poate avea implicații în privința structurii și calificării personalului, schimbului de informații între diferitele nivele organizatorice ale unităților de exploatare și între unitățile de exploatare și beneficiari;

- funcțiunea *unității de control* poate fi preluată de către interfața specializată sau de către calculatorul de proces, acesta dispunând de o *magistrală bidirecțională de telecomunicații* care are rolul de a prelua datele de la senzorii de măsură, de a transmite comenzile către servosistemele de execuție și de a controla efectuarea sarcinilor planificate; schema sinoptică și alte diagrame funcționale se pot prezenta și pe ecranul monitorului de control al postului dispecer; de asemenea, se poate apela și la TV în circuit închis.

3°. Variantele de realizare a dispecerizării în sistem informatizat

Variantele de realizare a dispecerizării în sistem informatizat se pot orienta către trei soluții principale diferite:

a) *dispecerizare centralizată*, în cadrul căreia toate punctele de măsură, control și execuție, precum și eventualele prelucrări de date locale sunt interconectate și subordonate unui *post dispecer central*;

b) *dispecerizare distribuită*, în cadrul căreia se adoptă soluții de automatizare locală, postul central nefiind conectat (*off-line*) cu punctele de măsură, control sau execuție;

c) *dispecerizare mixtă*, optimizată, reprezintă o variantă de compromis care are în vedere realizarea unei dispecerizări adoptate la situații concrete în cadrul căreia se realizează o *echilibrare între funcțiunile implementate la nivel local și cele centralizate*.

4°. Schemele bloc

Schemele bloc evidențiază modurile în care pot fi realizate diferite *funcții ale dispecerizării informatizate* și cerințele *soft-ului de bază*.

Schema bloc funcțională pentru monitorizare computerizată și control poate avea în principiu forma prezentată în figura 5.8:

AP – automat programabil, pentru conducere de proces în cadrul SPP-urilor;

PC – calculatoare de tip PC compatibil IBM, amplasate în cadrul punctelor de dispecerizare;

IP, IC – interfață de proces, respectiv interfață de comunicație, aferentă echipamentului de calcul;

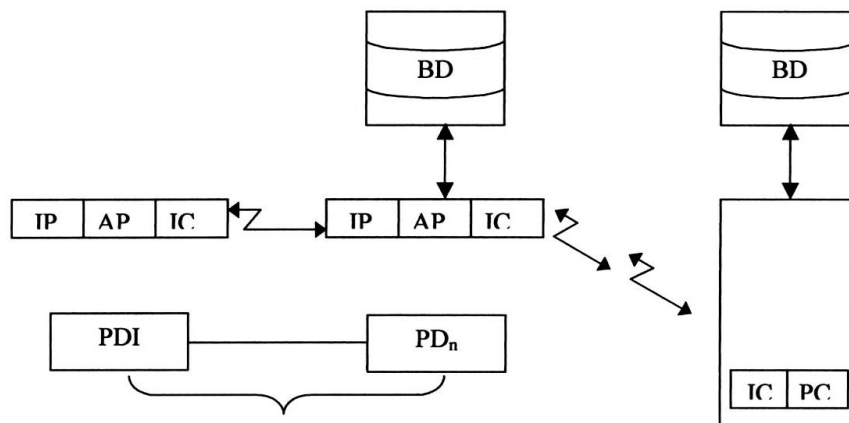


Fig. 5.8. Schema bloc funcțională pentru monitorizare computerizată și control

BD – bază de date la nivelul centrelor dispecer.

Introducerea soft-ului dedicat pentru conducere operativă în cadrul exploatărilor pentru irigații necesită o perioadă de instruire și calificare a personalului ce urmează să-l utilizeze; este de asemenea necesară asistența de specialitate pentru întreținere software, asigurând funcționarea efectivă a infrastructurii sistemului și urmărirea obținerii primelor rezultate în teren.

5.2.2.4. Soluția propusă¹⁾ de monitorizare computerizată a parametrilor tehnico-funcționali pentru sistemul de irigații „Sud Soloneț” din amenajarea „Tabăra-Trifești-Sculeni”

Elaborarea variantei optime de informatizare la nivelul amenajării pentru irigații, respectiv pentru sistemul Sud Soloneț, trebuie să ia în considerare un complex de factori de natură tehnică și tehnologică, de exploatare, administrativ-teritorială și social-economică.

Analiza, corelarea și ierarhizarea acestor factori, cu respectarea unor criterii uneori divergente, precum nevoia de a asigura distribuția apei către beneficiari pe cât posibil în sistem la „cerere” cu nevoia de a se exploata sistemul de irigații într-un regim cât mai apropiat de un „optim” economic, conduce la o selecție dintr-o listă de variante, ce au în vedere atât posibilitățile actuale oferite de tehnologiile informației, cât și o serie de restricții realiste impuse de natura obiectivului informatizat – sistemul de irigații Sud Soloneț.

Cercetările întreprinse au condus la o soluție etapizată, care are în vedere, într-o primă fază, implementarea funcțiunilor de *monitorizare* și *dispecerizare* în *sistem informatizat* (faza I), ulterior urmând a se implementa și funcțiunile de *comandă automatizată* ale obiectivelor dispecerizate (faza a II-a).

Această abordare conduce la *schema generală a*

¹⁾ Teza de doctorat – ing. D. Burlacu

fluxului de date prezentată în fig. 5.9, unde se are în vedere, în cadrul componentei software, utilizarea unui **SGBD** (Sistem de Gestiune a Bazelor de Date) distribuit, precum și implementarea unei **baze de aplicații** (programe calculator) destinată realizării funcțiilor dispecerizării în sistem informatizat.

Aceste funcțiuni ce se vor implementa prin software specializat au două componente globale:

a) o *componentă tehnică și tehnologică*, care privește achiziția/colectarea datelor din sistemul de irigații Sud Soloneț (obiectiv controlat), stocarea, actualizarea, întreținerea și procesarea acestora;

b) o *componentă economico-managerială*, ce are în vedere asistarea deciziilor operative, elaborarea unor indicatori specifici pentru evaluarea variantelor de plan operativ de distribuție a apei (sau de plan de exploatare), a indicilor economico-financiarilor utilizați în mod curent în unitățile productive, precum și a unor indici de performanță (exemplu randamente) specifici amenajărilor pentru irigații.

1°. Soluția de dispecerizare adoptată

În cadrul studiului întreprins pentru stabilirea unei structuri adecvate a dispecerizării în sistemul Sud Soloneț, s-au analizat o serie de variante privitoare la:

- procesul de culegere și stocare a datelor;
- modul de stocare, transmitere și prelucrare a informației;
- repartiția în teritoriu și funcțiunile principale ale componentelor schemei de dispecerizare.

În scopul asigurării informațiilor necesare conducerii operative, respectiv al asistării deciziilor s-au avut în vedere două variante:

1°. *centralizarea manuală* a datelor pe calculator, prin actualizarea bazei **BD** a sistemului de către operatorul uman; în această situație, informația de intrare este culeasă din teren de către personalul din exploatare, fiind înregistrată pe formularele tip cu date de exploatare și apoi introdusă în calculator;

2°. *centralizarea automată*, prin intermediul echipamentelor specializate pentru culegerea datelor la dispecer, situație în care operatorului calculator îi revin doar sarcini privitoare la urmărirea, întreținerea și actualizarea BD.

În această a doua variantă, se realizează **monitorizarea** cu ajutorul calculatorului în **sistem infor-**

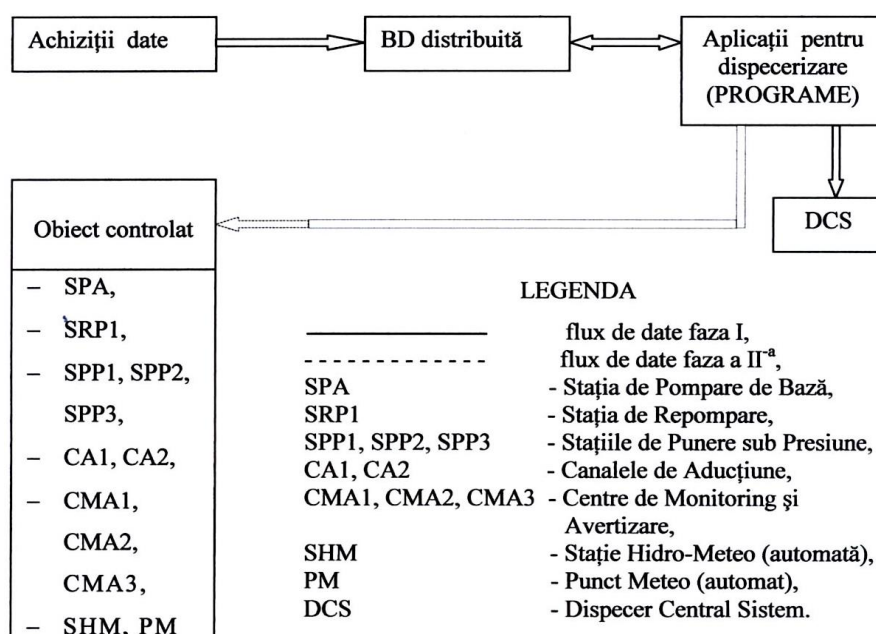


Fig. 5.9. Schema generală a fluxului de date pentru monitorizarea și controlul obiectivelor dispecerizării informatizate

matizat a sistemului de irigații.

Utilizarea unor module hardware pentru culegerea datelor din teren creează și premisele implementării funcțiilor de control automat, respectiv distribuire a comenzilor în sistem.

Stocarea, transmiterea și prelucrarea automată (computerizată) a informației prevede a se realiza cu ajutorul echipamentelor hardware în conformitate cu specificațiile de implementare și avându-se în vedere aspectele economice/costuri corespunzătoare.

Fluxul informațional este bidirecțional; de exemplu de la echipamentul automat de monitorizare aferent SPP (*Dispecer Local*) către calculatorul *Dispecerului Central Operativ* se vor transmite în sistem *on-line* parametri funcționali monitorizați, iar de la acesta din urmă, se vor returna comenzile și parametrii de control necesari pilotării automate a stației (fără intervenția operatorului uman).

Variantele de structurare a schemei de dispecerizare informatizată sunt:

a) o schemă de dispecerizare *arborescentă* și *ierarhizată*, în cadrul căreia interconexiunile între componentele schemei se fac în sens ascendent (sau/și descendent, pentru comunicația bidirecțională) într-un sistem cu 3 sau 4 nivele ierarhice;

b) o schemă de dispecerizare în *inel*, în cadrul căreia se asigură comunicarea de date între toate componentele schemei de dispecerizare; acest sistem presupune *partajarea datelor*, respectiv accesul multiplu și simultan la baza de date a sistemului informatizat și totodată instituirea, în procesul de implementare, a unor *drepturi de acces*, care să interzică accesul neau-

torizat la unele informații din BD, din motive legate de securitatea și integritatea funcțională a sistemului de dispecerizare informatizată;

c) o schemă de dispecerizare *mixtă* (ierarhizată și inelară), respectiv o combinație între cele două variante anterioare (a/+ b/), care să îmbine avantajele acestora și să elimine legăturile redundante și stocarea inutilă a unor volume de date acolo și atunci când nu este necesar acest lucru, asigurând totodată o flexibilitate crescută.

Studiile și analizele întreprinse pentru stabilirea și adoptarea schemei de dispecerizare informatizată în cadrul sistemului Sud Soloneț au condus la selecția variantei c) (dispecerizare *mixtă*), schema propusă fiind prezentată în figura 5.10.

Din punct de vedere al *ierarhizării* dispecerizării, există trei nivele după cum urmează:

➤ **Dispecer Central Sistem (DCS)** – la sediul sistemului de irigații Sud Soloneț (comuna Probota) cu rol de coordonare globală, stocare și procesare centralizată a datelor și monitorizare off-line a sistemului în ansamblu;

➤ **Dispecer Central Operativ (DCO)** – la nivelul SPA Sud Soloneț și, respectiv, SRP₁ (DCO1, DCO2), ce urmează a se implementa într-o *schemă inelară* – avându-se în vedere rolul acestui nivel ierarhic, respectiv acela de stabilire, lansare, urmărire și control a secvențelor principale de funcționare (operare) pentru fazele succesive de derulare ale Planului Operativ de Distribuție a Apei; acest nivel ierarhic are rolul de a centraliza comunicația on-line din sistemul de dispecerizare informatizată, precum și de a stoca și realiza prelucrările de date necesare în cadrul aplicațiilor (programelor calculator) cu rol de monitorizare și conducere operativă în cadrul sistemului Sud Soloneț.

➤ Nivelul **Dispecerilor Locali (DL)**, grupați la rândul lor în 4 categorii, după cum urmează:

a) *Dispecer Local la nivelul stațiilor de punere sub presiune*, respectiv la SPP1, SPP2 și SPP3;

b) *Dispecer Local cu rol de monitoring al suprafețelor irigate și avertizare a udărilor* – Centru de Monitoring și Avertizare – la nivelul ploturilor de irigații deservite de cele 3 stații de punere sub presiune;

c) *Dispecer Local la nivelul canalelor de aducțiune* CA1 și CA2, cu rol de monitorizare și avertizare și, respectiv, control și dirijare automată/informatizată a apei;

d) *Stații de Automatizare (SA) la nivelul branșamentelor* cu beneficiarii, precum și *stații și puncte hidro-meteo* aferente SPA Soloneț și prizei de captare și respectiv în zona înaltă a amenajării (în cadrul plo-

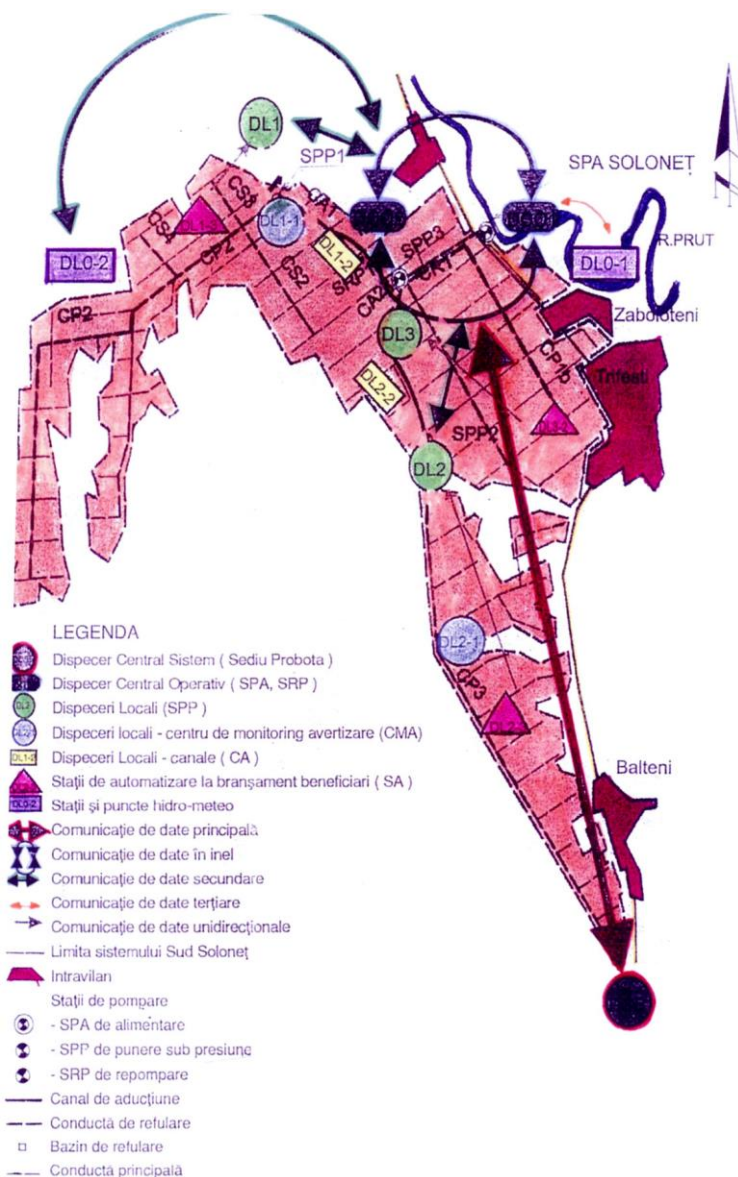


Fig. 5.10. Schema de dispecerizare informatizată a sistemului de irigații Sud Soloneț, Amenajarea Tabăra-Trifești-Sculeni (D. Burlacu)

tului de irigații aferent SPP1)

Dispecerii Locali de tip b), c) și d) (CMA, CA, SA, SMH și PM) sunt subordonați, din punct de vedere ierarhic dispecerilor locali de tip a), aferenți SPP-urilor (DL1, DL2 și DL3).

Pentru structura de dispecerizarea adecvată sistemului Sud Soloneț, se prevede a se implementa un pachet de programe, care urmărește:

- analiza și clasificarea datelor în vederea elaborării deciziei operative de pilotare a ansamblului stațiilor de pompare, în concordanță cu cerințele Planului Operativ de Exploatare, defalcat pe secvențe operative;

- stabilirea fluxului de date aferent secvenței curente de monitorizare, în cadrul sistemului de dispecerizare informatizată.

În acest scop am elaborat o serie de scheme bloc, având rolul de a evidenția principalele tipuri, fluxuri și prelucrări de date pentru realizarea dispecerizării în sistem informatizat în cadrul sistemului de irigații Sud Soloneț (fig. 5.11.).

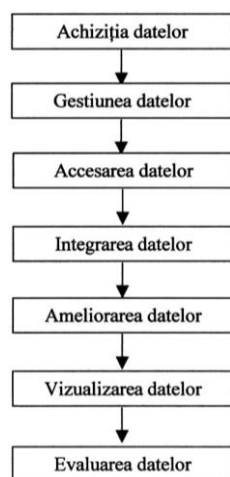


Fig. 5.11. Structura generală a fluxului de date în cadrul dispecerizării în sistem informatizat

5.2.3. SOFTWARE DE BAZĂ (PROGRAME CALCULATOR) PENTRU CONDUCEREA OPERATIVĂ ÎN CADRUL SISTEMULUI „SUD SOLONEȚ”

5.2.3.1. Cerințele programelor utilizate pentru managementul sistemului de irigații

Softul destinat utilizării în cadrul sistemului de irigații trebuie să satisfacă o serie de cerințe generale, independent de variantele de implementare adoptate de către informaticieni. El trebuie să includă o serie de modele, a căror complexitate este condiționată de disponibilul de informație și condițiile de utilizare. Astfel, la nivelul *schemei hidrotehnice*, soft-ul de bază conține cel puțin 3 tipuri de modele:

- modele ale sistemului de informare;
- modele de gestiune și alocare a resurselor;
- modele hidraulice pentru distribuția apei.

La nivelul suprafețelor irigate, sunt necesare modele pentru:

- estimarea bilanțului apei în sol;
- modele ale sistemului informațional;

Soft-ul pentru conducere operativă și managementul sistemului de irigații trebuie să răspundă cerințelor ce stau în fața managerilor sistemelor. Pentru conducerea operativă sunt necesare:

- modele ale operării elementelor constitutive ale schemei hidrotehnice;

- datele informative ce trebuie să corespundă din punct de vedere calitativ și cantitativ cerințelor utilizatorului, în scopul asigurării eficienței decizionale.

O categorie aparte de modele este reprezentată de modelele privitoare la planificarea și optimizarea udărilor, costul real al apei în diferite scheme de alocare etc., modele construite (calibrate) în faza datelor reale din teren. Rularea repetată a acestor modele, în condiții inițiale diferite, reprezintă un procedeu de simulare computerizată pentru realizarea unei estimări obiective; acestea sunt necesare pentru optimizarea deciziilor.

Pentru realizarea unor modele fiabile este necesară calibrarea acestora în condițiile concrete în teren, în acest scop fiind necesară utilizarea structurilor de control și măsurarea debitelor și volumelor de apă din sistem.

Introducerea soft-ului dedicat pentru conducere operativă în cadrul exploatărilor pentru irigații, necesită o perioadă de instruire și calificare a personalului ce urmează să-l utilizeze; este de asemenea necesară asistența de specialitate pentru întreținere software, asigurarea funcționării efective a infrastructurii sistemului și urmărirea obținerii primelor rezultate în teren.

Utilizarea programelor calculator în scop de conducere operativă și gestiune în cadrul sistemelor de irigații poate avea implicații în privința structurii și calificării personalului, schimbului de informații între diferitele nivele organizatorice ale unităților de exploatare și între unitățile de exploatare și beneficiari, precum și unele aspecte administrative și instituționale.

Implementarea modelelor trebuie documentată în mod corespunzător, în scopul utilizării ca ghid pentru noi implementări.

Managementul modern în amenajările pentru irigații beneficiază de aportul tehnologiilor informatice în stabilirea unor decizii manageriale cu efecte benefice în ceea ce privește organizarea activităților și eficientizarea economico-financiară.

În vederea implementării în sistemul Sud Soloneț a unui sistem informatizat care să răspundă obiectivelor menționate, s-au analizat și sistematizat activitățile cu caracter operativ (fig. 5.12) pentru componentele funcționale ale sistemului de irigații și s-a stabilit schema bloc a secvenței de activități operative la nivelul obiectivelor controlate (fig. 5.13).

5.2.3.2. Modelul matematic și schema bloc a programului pentru planificarea și optimizarea udărilor la nivelul CMA

Pentru realizarea funcționalității Centrelor de Monitoring și Avertizare (CMA) din cadrul sistemului de dispecerizare Sud Soloneț s-a elaborat o schemă bloc necesară implementării soft-ului pentru planificarea și optimizarea udărilor.

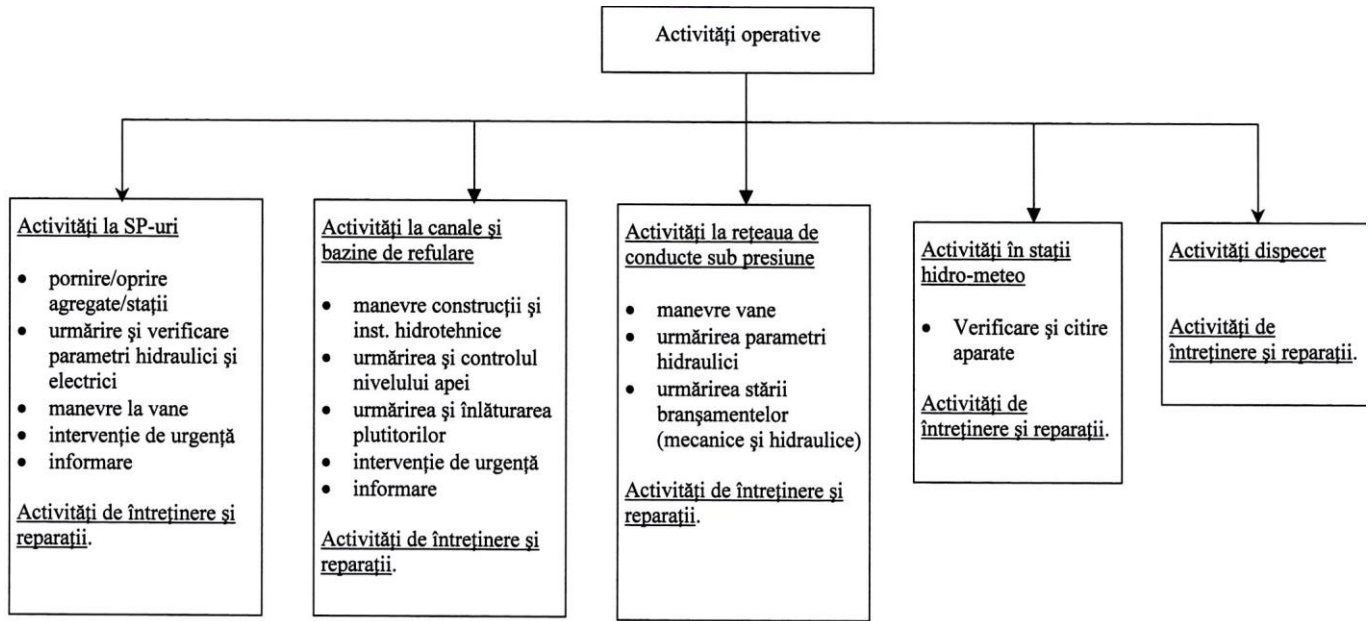


Fig. 5.12. Clasificarea activităților operative

În fig. 5.14. este prezentată secvența corespunzătoare pentru stabilirea programului de aplicare a udărilor.

Corespunzător organigramei programului pentru planificarea și optimizarea udărilor a fost realizat **modelul matematic** unde evapotranspirația de referință a fost estimată folosind metoda Penman-Monteith. Relația de calcul în versiunea FAO (1991) este:

$$E_{tr} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot U_2 \cdot (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (15)$$

unde:

R_n – radiația netă la suprafața culturii de referință (cultură ipotetică înaltă de 12 cm, cu rezistența somatică de 70 m/s și un albedou egal cu 0,23, care simulează o pajiște în plină activitate vegetativă, care ocupă în totalitate terenul și este aprovizionată optim cu apă) – MJ/m²/zi;

G – fluxul de căldură a terenului – MJ/m²/zi ;

T – temperatura medie zilnică – °C;

U_2 – viteza medie a vântului, măsurată la înălțimea de 2 m deasupra solului – m/s;

$(e_a - e_d)$ – deficitul presiunii vaporilor de apă din atmosferă – kPa;

Δ – panta curbei presiunilor vaporilor – kPa/°C;

γ – constanta psihrometrică – kPa/°C.

R_n nu este măsurată direct în stațiile meteo și de aceea poate fi estimată cu următoarea relație de calcul :

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (16)$$

$$R_{ns} = 0,77 \cdot (a + b - n/N) \cdot R_a \quad (17)$$

$$R_{nl} = 2,45 \cdot 10^{-9} \cdot \left(0,9 - \frac{n}{N} + 0,1\right) \cdot \left(0,34 - 0,14 \cdot \sqrt{e_d}\right) \cdot (T_{\max}^4 + T_{\min}^4) \quad (18)$$

unde:

R_{ns} – radiația netă de undă scurtă – MJ/m²/zi;

R_{nl} – radiația netă de lungă durată – MJ/m²/zi;

R_a – radiația astronomică – MJ/m²/zi, care depinde de distanța Pământ-Soare (d_r), de declinația Soarelui (δ) și de latitudinea stației meteo (φ).

$$R_a = 37,6 \cdot d_r \cdot (\omega_s \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega) \quad (19)$$

$$d_r = 1 + 0,033 \cos (0,0172 \cdot I) \quad (20)$$

$$\omega_s = \arccos (-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta) \quad (21)$$

$$\delta = 0,409 \sin (0,0172 \cdot I - 1,39) \quad (22)$$

unde:

I – numărul zilei de calcul considerat de la începutul anului;

a, b – coeficienții drepte de corelație între instalație și radiație;

$a = 0,29 \cdot \cos \varphi = 0,2$ pentru stația meteo Iași;

$b = 0,46 - 0,56$; pentru Iași $b = 0,53$;

n – numărul zilnic de ore de strălucire a Soarelui;

N – numărul maxim de ore de strălucire a Soarelui pe zi; N se poate determina cu relația $N = 7,64 \cdot \omega_s$;

e_d – presiunea efectivă a vaporilor din atmosferă (kPa), care se poate calcula în funcție de umiditatea relativă medie zilnică a aerului U_f și de presiunea de saturație a vaporilor e_a :

$$e_d = \frac{U_f}{\frac{50}{e_a(T_{\min})} + \frac{50}{e_a(T_{\max})}} \quad (23)$$

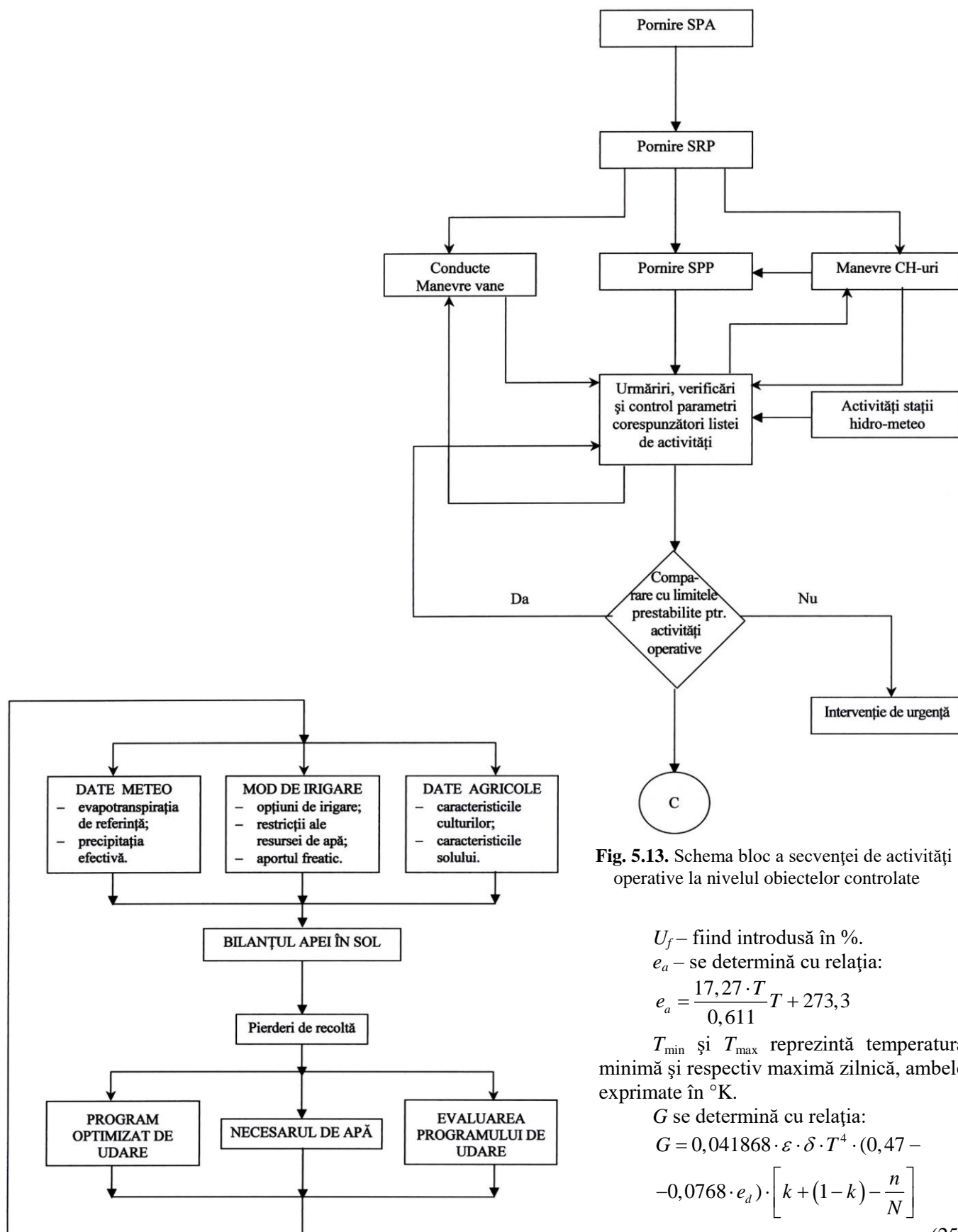


Fig. 5.13. Schema bloc a secvenței de activități operative la nivelul obiectelor controlate

U_f – fiind introdusă în %.

e_a – se determină cu relația:

$$e_a = \frac{17,27 \cdot T}{0,611} T + 273,3 \quad (24)$$

T_{\min} și T_{\max} reprezintă temperatura minimă și respectiv maximă zilnică, ambele exprimate în °K.

G se determină cu relația:

$$G = 0,041868 \cdot \varepsilon \cdot \delta \cdot T^4 \cdot (0,47 - 0,0768 \cdot e_d) \cdot \left[k + (1 - k) - \frac{n}{N} \right] \quad (25)$$

cu e_d exprimat în mbari, unde:

Fig. 5.14. Organigrama programului pentru planificarea și optimizarea udărilor

ε – puterea emisivă a suprafeței = 0,95-0,98;
 δ – constanta Boltzman ($118 \cdot 10^{-9}$ cal/cm²·zi·°C);
 k – coeficient empiric = 0,1-0,2.

Panta curbei presiunii vaporilor (kPa/C) se calculează cu relația:

$$\Delta = \frac{4098 \cdot e_a}{(T + 273,3)} \quad (26)$$

iar constanta psihrometrică este:

$$\gamma = 0,00163 \cdot \frac{P}{\lambda} \quad (27)$$

unde:

P – este presiunea funcție de altitudinea stației meteorologice, H :

$$P = 101,3 \cdot \frac{(293 - 0,0065 \cdot H)}{293} \quad (28)$$

iar λ este căldura latentă de vaporizare a apei, dependentă de temperatura aerului, conform relației:

$$\lambda = 2,501 - (2,361 \cdot 10^{-3}) \cdot T \quad (29)$$

Dacă viteza vântului este măsurată la o înălțime diferită de 2 m, aceasta trebuie raportată la înălțimea standard de 2 m, cu ajutorul relației:

$$U_2 = U_h \cdot \frac{\ln \frac{2-d}{z_0}}{\ln \frac{z-d}{z_0}} \quad (30)$$

unde:

z – înălțimea efectivă de măsurare a vitezei vântului (m);

d – planul zero al profilului (epurei) vitezei vântului funcție de înălțime ($d = 0,08$ m);

z_0 – parametru de rugozitate, $z_0 = 0,015$ m.

Pentru estimarea E_{tr} cu modelul Penman-Monteith sunt deci necesari următorii parametri meteorologici:

- latitudinea și altitudinea stației meteo;
- temperaturile zilnice medii, maxime și minime;
- umiditatea relativă atmosferică medie zilnică;
- viteza medie a vântului;
- numărul orelor de strălucire a Soarelui în interval de o zi.

Evapotranspirația reală a culturii se calculează cu relația:

$$E_{ta} = E_{tr} \cdot k_c \quad (31)$$

$$k_c = k_{cb} \cdot k_a + k_s \quad (32)$$

unde:

E_{ta} – evapotranspirația reală a culturii (mm);

k_c – coeficient al culturii, în funcție de stadiul de dezvoltare;

k_a – coeficient de ajustare pentru umiditate funcție de stresul hidric;

k_{cb} – coeficient de bază al culturii.

În funcție de tipul de cultură și de faza de vegeta-

ție, k_{cb} se calculează cu relațiile:

a) pentru grâu

$$k_{cb} = A \cdot \exp \left[\frac{B-D}{C} \right]^E$$

unde:

$$A = 1 - \frac{P_d''}{3,5} \quad (33)$$

$$B = 105 + \frac{P_d''}{1,81}$$

– pentru numărul zilei de calcul < 85

$$C = 80 - \frac{P_d''}{1,81} \quad (34)$$

$$E = 3$$

– pentru numărul zilei de calcul > 85

$$C = 100 - \frac{P_d''}{1,81} \quad (35)$$

$$E = 2$$

unde:

P_d'' – data plantării, 1 octombrie = ziua 1;

P_d – data plantării, 1 ianuarie = ziua 1;

D – data curentă, 1 octombrie = ziua 1;

b) pentru porumb

– pentru numărul zilei de calcul < 42

$$k_{cb} = 0,000251 \cdot (D_{sp})^2 + 0,0052551 \cdot (D_{sp}) + 0,34$$

– pentru numărul zilei de calcul cuprins între 42

și 56

$$k_{cb} = 0,0071486 (D_{sp}) + 0,70 \quad (37)$$

– pentru numărul zilei de calcul cuprins între 56

și $H_d - 42$

$$k_{cb} = 1,10$$

– pentru numărul zilei de calcul > $H_d - 42$,

$$k_{cb} = -1,37862 \cdot 10^{-7} \cdot (D_{sp})^3 - 1,1893 \cdot 10^{-4} \cdot (D_{sp})^2 + 0,0207174 \cdot (D_{sp}) + 6,304 \cdot 10^{-5} \quad (38)$$

unde:

H_d – ziua de recoltare, considerând prima zi ca fiind data plantării;

D_{sp} – ziua curentă, începând numărătoarea zilelor cu data plantării.

Deficitul de umiditate al solului în ziua k se calculează cu relația:

$$D_p(k) = D_p(k-1) + E_{ta}(k) - I_n(k) - R(k) \quad (39)$$

unde:

$D_p(k)$ – deficitul de umiditate în sol în ziua k ;

$D_p(k-1)$ – deficitul de umiditate în sol în ziua $k-1$;

$E_{ta}(k)$ – evapotranspirația culturii în ziua k (mm);

$R(k)$ – precipitațiile în ziua k (mm).

Pierderile de apă prin percolare se evaluează în corelație cu expresia bilanțului hidric:

dacă $D_p(k) < 0$, $D_p(k) = [D_p(k)]$ și se consideră

$D_p(k) = 0$;

dacă $D_p(k) > 0$, atunci $D_p(k) = 0$.

unde:

$D_p(k)$ – pierderile de apă prin percolare în ziua k .

Evaluarea pierderilor totale de apă prin percolare se face cu relația:

$$T_{dp} = \left[\sum_{k=1}^n D_p(k) \right] + \left[0,25 \cdot \sum_{j=1}^m L_{gi} \right] \quad (40)$$

unde:

T_{dp} – pierderea totală de apă prin percolare pentru întreaga perioadă agricolă (mm);

L_{gi} – adâncimea totală la udarea j (mm);

n – perioada totală de timp, de la semănat la recoltat (zile);

m – numărul de udări aplicate.

Estimarea producției agricole se face utilizând relația Doorenbros și Kassam, 1979:

$$1 - \frac{Y_a}{Y_m} = k_y \cdot \left[1 - \left(\frac{Eta}{Etm} \right) \right] \quad (41)$$

unde:

Y_a – producție reală (t/ha);

Y_m – producția maximă, când se aplică udări fără restricții cantitative;

k_y – coeficient de răspuns al culturii (uzual $k_y = 1,25 \div 1,30$);

E_m – evapotranspirația maximă, când se aplică udări fără restricții cantitative.

În baza datelor actualizate stocate în baza de date și a algoritmului implementat în conformitate cu modelul matematic prezentat, se generează informația de ieșire privitoare la deficitul prognozat de umiditatea, cu pasul de timp corespunzător, respectiv informația privitoare la producția agricolă estimată (eventuale pierderi de recoltă datorate neaplicării udărilor corespunzătoare).

5.3. PROGRAM CALCULATOR ȘI MODEL PENTRU ANALIZA ȘI DIMENSIONAREA OPTIMĂ A REȚELELOR SUB PRESIUNE – MIXTE, RAMIFICATE ȘI INELARE – DE DISTRIBUȚIE A APEI. STUDIU DE CAZ: S.I. „IALOMIȚA – CĂLMĂȚUI”, CU APLICAȚII LA PLOTUL 71

Cum era și firesc, implicarea tehnicii moderne a computerizării și în irigații, a creat/dezvoltat o bază largă și bine documentată de software, din care, pentru etapa ce urmează – a modernizărilor și re tehnologizărilor în irigații – sunt de reținut cu prioritate:

1/ – Modele și programe calculator pentru analiza și optimizarea debitului de calcul, cu distribuția la „cerere”;

2/ – Modele și programe calculator pentru analiza și dimensionarea optimă a rețelor sub presiune de distribuția apei;

3/ – Modele și programe calculator pentru exploatarea optimă a unor ploturi de irigații, cu distribuția apei la „cerere”.

În vederea adaptării ploturilor de irigație cu rețea de distribuție a apei din conducte sub presiune de la irigația prin rotație la irigația la „cerere” pot apare ca necesare modificări ale rețelor pentru asigurarea funcționării la noi parametri impuși. Este de dorit ca adaptarea rețelor existente să fie realizată cu efort minim tehnic și financiar, de unde rezultă necesitatea efectuării unei analize multicriteriale a acestei probleme. Pentru aceasta sunt necesare mijloace de analiză adecvate, printre care și un model matematic, cu programul calculator aferent, cu generalitate cât mai largă, aplicabile tuturor tipurilor de rețele de distribuție, cu elemente existente și elemente noi, proiectate.

5.3.1. PROBLEMA DE OPTIMIZARE ATAȘATĂ DIMENSIONĂRII REȚELEI

Se consideră configurația rețelei cunoscută (fig. 5.15.), rețeaua având n_i noduri interioare, n_t tronsoane și n_r noduri rezervoare.

Notăm cu:

$l_i, i = 1, \dots, n_t$, lungimile tronsoanelor;

$Q_i, i = 1, \dots, n_i$, debitele de consum la nodurile interioare.

Fie:

$D_i, i = 1, \dots, n_t$, diametrele necunoscute ale tronsoanelor;

$h_i, i = 1, \dots, n_i$, cotele piezometrice la nodurile interioare, necunoscute;

$H_i, i = 1, \dots, n_r$, cotele piezometrice la nodurile rezervoare.

Problema de dimensionare optimă a rețelei poate fi formulată astfel:

$$\text{Min} F = \sum_{i=1}^{n_t} l_i C_1(D_i) + \sum_{i=1}^{n_r} [C_2(H_i, Q_{mi}) + C_3(E_i)] \quad (42)$$

cu restricțiile:

$$\sum_{i=1}^{n_t} a_{ij} q_{ij} - Q_i = 0 \quad j = 1, \dots, n_i$$

$$1, \text{ dacă } j = j_{il}$$

$$a_{ij} = -1, \text{ dacă } j = j_{i2}$$

$$0, \text{ pentru caz contrar}$$

$$\frac{16\lambda l_i}{2g\pi D_i^5} |q_i| q_i (h_{j_{i2}} - h_{j_{i1}}) = 0, i = 1, \dots, n_t \quad (43)$$

$$D_{min_i} \leq D_r \leq D_{max_i}, i = 1, \dots, n_t \quad (44)$$

$$H_{min_i} \leq H_i \leq H_{max_i}, i = 1, \dots, n_r \quad (45)$$

$$h_{min_i} \leq h_i \leq h_{max_i}, i = 1, \dots, n_i \quad (46)$$

unde:

C_1 – funcția de cost unitar a diametrelor;

C_2 – funcția de cost pentru realizarea noilor rezervoare;

C_3 – funcția de cost a energiei consumate la nodurile rezervoare;

$j_{i2}, j_{i1}, i = 1, \dots, n_t$ – indicii nodurilor amonte, respectiv aval ale tronsoanelor;

$$j = 1, \dots, n_i$$

λ – coeficientul de rezistență al pierderilor de sarcină distribuite;

$v_i, i = 1, \dots, n_t$ – vitezele medii pe tronsoane.

$$V_i = \frac{4|q_i|}{\pi D_i^2}$$

Variabilele libere ale problemei de optimizare sunt: $D_i, i = 1, \dots, n_t$ și $H_i, i = 1, \dots, n_r$.

În acest caz restricțiile (44), (45) și (46) sunt explicite, iar restricțiile (43) și (47) sunt implicite. Valorile parametrilor $q_i, i = 1, \dots, n_t$ și $h_i, i = 1, \dots, n_i$ pot fi

determinate prin rezolvarea sistemului de ecuații (43) cunoscând diametrele D_i și cotele piezometrice H_i , care sunt variabile libere, cu valori cunoscute, inițial egale cu cele de start, în cadrul unui algoritm numeric de minimizare.

În vederea folosirii unui algoritm de minimizare fără restricții implicite se folosește tehnica funcțiilor de penalizare pentru forțarea încadrării parametrilor h_i și v_i în limitele prestabilite. Astfel problema de optimizare echivalentă este:

$$\begin{aligned} \min \tilde{F} = & F + \delta_1 p_1 \left| h_i - \tilde{h}_i \right|^2 + \\ & + \delta_2 p_2 \left| v_i - \tilde{v}_i \right|^2 \end{aligned}$$

cu restricțiile explicite (44) și (45) și cu valorile q_i și h_i obținute prin rezolvarea sistemului neliniar (43). În relația (47) δ_1 și δ_2 sunt operatori de penalizare cu valori 0 sau 1, după cum restricțiile respective sunt sau nu respectate, p_1 și p_2 sunt coeficienți de penalizare cu valori stabilite astfel încât să forțeze eliminarea punctului în care restricțiile respective sunt încălcate.

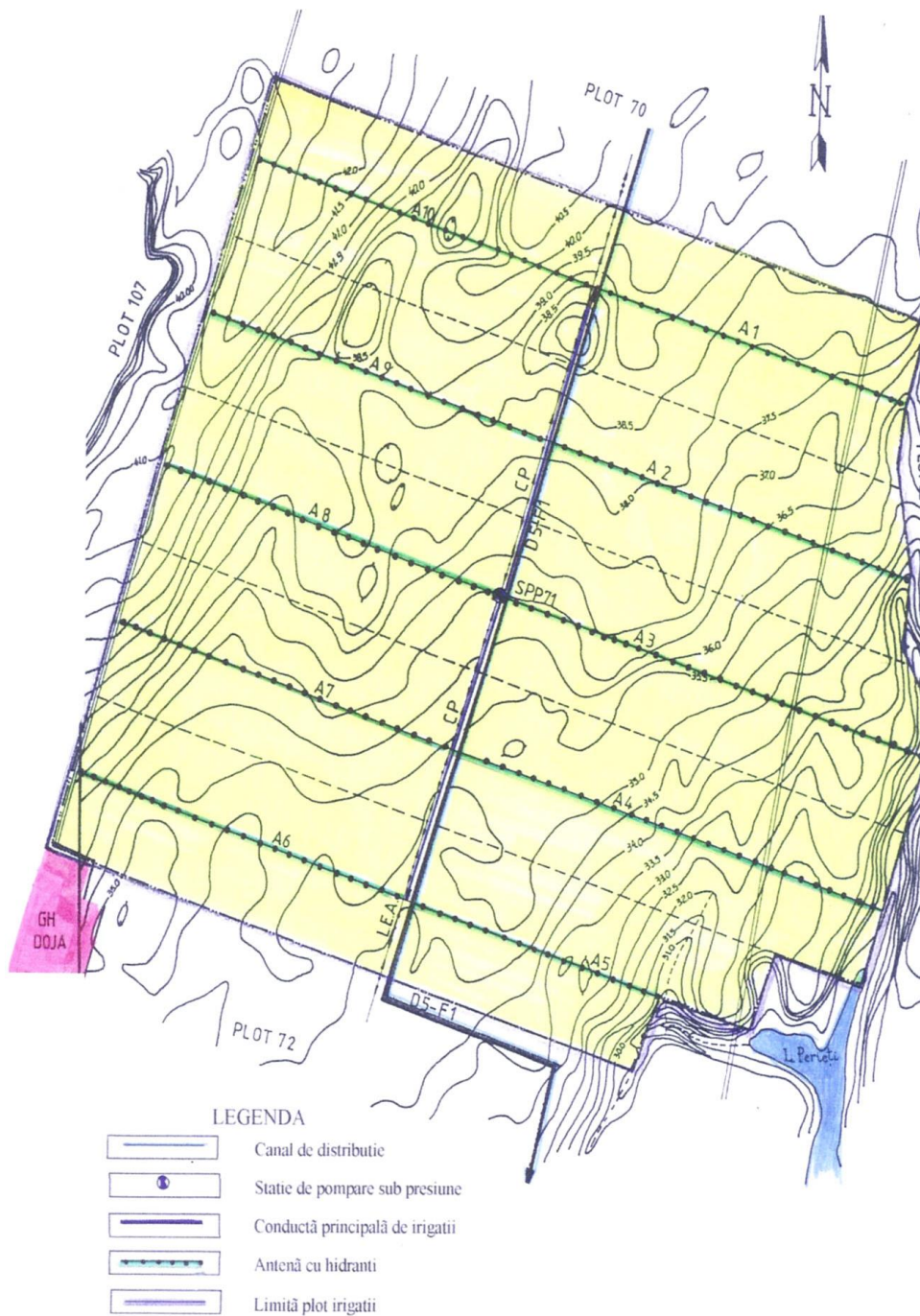


Fig. 5.15. Rețea existentă cu distribuția apei prin rotație în plot pilot 71

5.3.2. REZOLVAREA PROBLEMEI DE OPTIMIZARE

Sub forma (47), problema poate fi rezolvată folosind un algoritm de minimizare pentru funcțiile neliniare, cu restricții explicite, în care sistemul de ecuații (43) trebuie rezolvat pentru fiecare valoare curentă a vectorului necunoscutelor.

Astfel, problema de optimizare poate fi rezolvată urmărind etapele:

1° se dau valorile parametrilor constanți și valorile de start ale variabilelor independente;

2° se determină printr-un algoritm de optimizare dacă este posibil, un punct în care valoarea funcției obiectiv (47) este ameliorată; înainte de fiecare evaluare a funcției obiectiv trebuie rezolvat sistemul de ecuații (43)

3° dacă noul punct reprezintă un minim relativ al funcției obiectiv, scrie rezultatele și stop; dacă nu, reia calculele de la pasul 2°.

În ceea ce privește algoritmul de minimizare, am optat pentru folosirea metodei gradientului cu metrică variabilă; pentru rezolvarea sistemului de ecuații (43) am ales metoda Newton-Raphson.

1° Metoda gradientului cu metrică variabilă

Utilizarea gradientului ca direcție de exploatare este conformă cu aproximarea liniară a funcției obiectiv, în dezvoltarea acesteia, în serie Taylor.

O aproximare pătratică a funcției obiectiv printr-o dezvoltare până la termenii de grad 2 inclusiv, este de forma:

$$f(x) = f(x^{(k)}) + \nabla^T f(x^{(k)}) (x - x^{(k)}) + \frac{1}{2} (x - x^{(k)})^T \nabla^2 f(x^{(k)}) (x - x^{(k)})$$

sau dacă se notează cu $\Delta x(k) = x - x^{(k)}$, o exprimare echivalentă este:

$$f(x) = f(x^{(k)}) + \nabla^T f(x^{(k)}) \Delta x^{(k)} + \frac{1}{2} (\Delta x^{(k)})^T \nabla^2 f(x^{(k)}) (\Delta x^{(k)})$$

Minimul lui $f(x)$ în direcția lui $\Delta x(k)$ se poate obține prin derivarea lui $f(x)$ în raport cu componentele lui $\Delta x(k)$ și anularea acestor derivate. Rezultă:

$$\Delta x^{(k)} = -\frac{\nabla f(x^{(k)})}{\nabla^2 f(x^{(k)})}$$

Deoarece $\nabla^2 f(x^{(k)})$ este matricea hessiană H a funcției $f(x)$ calculată pentru $x = x^{(k)}$, respectiv:

$$\nabla^2 f(x^{(k)}) = H_{(x)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_N} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_N \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_N \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_N^2} \end{bmatrix}_{x=x^{(k)}}$$

relația precedentă poate fi scrisă sub forma:

$$\Delta x^{(k)} = -H^{-1}(x^{(k)}) \nabla f(x^{(k)})$$

Pentru o funcție obiectivă oarecare, substituind $\Delta x^{(k)}$ cu $x^{(k+1)} - x^{(k)}$, relația anterioară poate fi adusă la o formulare echivalentă cu relația generală ($x^{(k+1)} = x^{(k)} + \lambda^{(k)} \Delta x^{(k)}$) a metodelor de urcare (coborâre), respectiv:

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - \lambda^{(k)} \frac{[H^{-1}(x^{(k)})][\nabla f(x^{(k)})]}{[H^{-1}(x^{(k)})][\nabla f(x^{(k)})]}$$

unde pașii $\lambda^{(k)}$ pot lua valori arbitrare sau optime, similar cu metoda gradientului.

Pentru simplificarea scrierii, numitorul din relația precedentă fiind o mărime scalară, poate fi considerat că este conținut în pasul $\lambda^{(k)}$, respectiv:

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - \lambda^{(k)} H^{-1}(x^{(k)}) \nabla f(x^{(k)})$$

Subînțelegându-se că vectorul direcție, respectiv: $H^{-1}(x^{(k)}) \nabla f(x^{(k)})$ este normalizat.

Aplicarea metodei Newton este posibilă doar dacă matricea hessiană este la fiecare iterație definitiv pozitivă. Deoarece aproximarea locală pătratică a funcției $f(x)$ este superioară aproximării liniare, convergența metodei în apropierea optimului va fi sensibil mai rapidă decât a metodei gradientului. Totuși, acest avantaj se pierde în mare parte prin volumul de calcul pentru obținerea valorilor derivatelor de ordinul 2 și prin inversarea matricei hessiene. În plus, prin condiția de definire pozitivă a acesteia pot apărea frecvente situații de imposibilitate a aplicării acestei metode.

În scopul evitării acestor dezavantaje, au fost elaborate o serie de metode prin care se calculează:

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} - \lambda^{(k)} H(x^{(k)}) \nabla f(x^{(k)})$$

unde matricea $H(x^{(k)})$ reprezintă o aproximație a lui $H^{-1}(x^{(k)})$.

Un algoritm cu largă aplicație din această categorie este cel al lui Davidon-Fletcher-Powell, cunoscut și sub numele de metoda gradientului cu metrică variabilă. Relația de recurență pentru H folosită în acest algoritm este:

$$\begin{aligned}\tilde{H}^{(k+1)} &= \tilde{H}^{(k)} + A^{(k)} - B^{(k)} = \\ &= \tilde{H}^{(k)} + \frac{(\Delta x^{(k)}) (\Delta x^{(k)})^T}{(\Delta x^{(k)}) (\Delta g^{(k)})} - \\ &\quad - \frac{(\tilde{H}^{(k)}) (\Delta g^{(k)}) (\Delta g^{(k)})^T (\tilde{H}^{(k)})^T}{(\Delta g^{(k)})^T (\tilde{H}^{(k)}) (\Delta g^{(k)})^T}\end{aligned}$$

unde s-au făcut notațiile:

$$\Delta x^{(k)} = x^{(k+1)} - x^{(k)}$$

și

$$\Delta g^{(k)} = \nabla f(x^{(k+1)}) - \nabla f(x^{(k)})$$

Deoarece $A^{(k)}$ și $B^{(k)}$ sunt matrici simetrice, dacă $H^{(k)}$ este simetrică, atunci și $H^{(k+1)}$ va fi simetrică; rolul matricei $A^{(k)}$ este de a asigura convergența $H H^{(-1)}$, în timp ce $B^{(k)}$ are rolul anulării treptate a efectelor alegerii inițiale a lui $H^{(0)}$.

2° Rezolvarea sistemului de ecuații neliniare prin metoda Newton-Raphson

Fie sistemul $f(x) = 0$, unde $f: DR^n, DR^n, fCD^2$

Fie α o soluție a sistemului, astfel încât $f(\alpha) = 0$ și fie x_0 o aproximativă inițială a soluției necunoscute α . Se definește jacobianul asociat sistemului de ecuații prin $J(x) = \partial f / \partial x$.

Pornind cu soluția de start x_0 se definește:

$$x_{k+1} = x_k + \Delta x_k$$

unde Δx_k este soluția sistemului liniar;

$$J(x_k) \Delta x_k = -f(x_k)$$

în care se presupune continuitatea jacobianului în vecinătatea lui α și determinarea $J(x) = 0$.

Sistemul liniar poate fi rezolvat prin metoda factorizării matricei coeficienților necunoscutelor. Astfel sistemul $Ax = b$ devine prin factorizarea $LU = A$, $(LU)x = b$, echivalent cu sistemul $Ux = y$, $Ly = b$, unde L și U sunt matrice triunghiulare, inferior, respectiv superior.

Sistemul este determinat dacă elementelor de pe diagonala principală a matricei L sau U i se impune valoarea 1.

Dacă $|\Delta| \leq \epsilon$, ϵ având elementele pozitive, cu valori mici, mx_k puse, atunci când se consideră că x_k aproximează soluția α .

3° Program calculator

Pentru efectuarea calculelor în mod automat a fost întocmit programul ADOR, care în ultima perioa-

dă a fost îmbunătățit, în limbaj GWBASIC, editat și testat pe un calculator AT – 486 Dx40. Programul include un modul principal pentru citirea și scrierea datelor și pentru apelarea unor module în funcții specifice cum sunt:

- VM pentru minimizarea funcției obiectiv prin metoda gradientului cu metrică variabilă;
- RSN MNR pentru rezolvarea sistemului (43) prin metoda Newton-Raphson;
- RSP₁ pentru rezolvarea sistemului liniar de ecuații în cadrul algoritmului Newton-Raphson.

4° Analiza asistată de calculator a dimensionării optime a rețelelor inelare de distribuție a apei

Folosind modelul matematic propus și programul calculator aferent ADOR, se analizează rețeaua de distribuție a apei pentru irigație a plotului 71 din sistemul de irigație „Ialomița-Călmățui”, în vederea stabilirii variantei optime de adaptare a rețelei de la irigația prin „rotație” la irigația la „cerere”.

Pentru aceasta se consideră diferite variante de adaptare, determinând pentru fiecare parametrii hidraulici și cheltuielile anuale, incluzând amortizarea lucrărilor și consumurilor de energie exprimate în echivalent de energie.

Varianța VO

Se consideră rețeaua de conducte existentă și debitele stabilite pentru irigația prin „rotație” – Planșa nr. 1.

După efectuarea calculelor rezultă cotele piezometrice prezentate în **Anexa nr.1**.

La toate nodurile interioare sunt asigurate presiunile de serviciu mai mari de 40 mCA, ceea ce denotă proiectarea corectă a plotului 71 pentru condițiile irigației prin „rotație”.

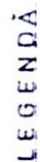
Varianța V1

Se consideră rețeaua de conducte existentă, cu debitele calculate pentru condițiile irigației la „cerere”.

Se consideră cea mai defavorabilă situație privind repartizarea consumatorilor în rețea și anume funcționarea simultană a instalațiilor de udare la extremitățile antenelor.

Impunând presiunea de serviciu de 40 mCA rezultă, după efectuarea calculelor cotele piezometrice necesare și presiunile disponibile prezentate în **Anexa nr. 2**.

Înălțimea de ridicare a apei la SPP 71 este de 102,5m, la un debit de 1050,67 l/s.



A1.3 Transition 7.3

Nov 23

COPY TO:

Rețea P71 VO

Număr tronsoane 65

Număr noduri interioare 65

Număr noduri rezervoare 1

Date inițiale referitoare la tronsoane

1.	Trons. A 1-1	28-35	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
2.	Trons. A 1-2	35-36	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
3.	Trons. A 1-3	36-37	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
4.	Trons. A 1-4	37-38	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
5.	Trons. A 1-5	38-39P	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
6.	Trons. A 1-6	39P-39	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
7.	Trons. A 2-1	15-22	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
8.	Trons. A 2-2	22-23	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
9.	Trons. A 2-3	23-24	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
10.	Trons. A 2-4	24-25	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
11.	Trons. A 2-5	25-26	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
12.	Trons. A 2-6	26-27	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
13.	Trons. A 3-1	1-8	D (mm) = 300	K (m) = 0.000050
14.	Trons. A 3-2	8-9	D (mm) = 300	K (m) = 0.000050
15.	Trons. A 3-3	9-10	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
16.	Trons. A 3-4	10-11	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
17.	Trons. A 3-5	11-12	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
18.	Trons. A 3-6	12-13	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
19.	Trons. A 3-7	13-14	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
20.	Trons. A 4-1	40-47	D (mm) = 300	K (m) = 0.000050
21.	Trons. A 4-2	47-48	D (mm) = 300	K (m) = 0.000050
22.	Trons. A 4-3	48-49	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
23.	Trons. A 4-4	49-50	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
24.	Trons. A 4-5	50-51	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
25.	Trons. A 4-6	51-52	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
26.	Trons. A 4-7	52-53	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
27.	Trons. A 5-1	54-61	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
28.	Trons. A 5-2	61-62	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
29.	Trons. A 5-3	62-63	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
30.	Trons. A 5-4	63-64	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
31.	Trons. A 5-5	64-65	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
32.	Trons. A 6-1	54-55	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
33.	Trons. A 6-2	55-56	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
34.	Trons. A 6-3	56-57	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
35.	Trons. A 6-4	57-58	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
36.	Trons. A 6-5	58-59	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
37.	Trons. A 6-6	59-60	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
38.	Trons. A 7-1	40-41	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
39.	Trons. A 7-2	41-42	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
40.	Trons. A 7-3	42-43	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
41.	Trons. A 7-4	43-44	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050

Varianta VO

Anexa nr.1

42.	Trons. A 7-5	44-45	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
43.	Trons. A 7-6	45-46	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
44.	Trons. A 8-1	1-2	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
45.	Trons. A 8-2	2-3	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
46.	Trons. A 8-3	3-4	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
47.	Trons. A 8-4	4-5	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
48.	Trons. A 8-5	5-6	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
49.	Trons. A 8-6	6-7	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
50.	Trons. A 9-1	15-16	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
51.	Trons. A 9-2	16-17	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
52.	Trons. A 9-3	17-18	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
53.	Trons. A 9-4	18-19	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
54.	Trons. A 9-5	19-20	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
55.	Trons. A 9-6	20-21	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
56.	Trons. A10-1	28-29	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
57.	Trons. A10-2	29-30	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
58.	Trons. A10-3	30-31	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
59.	Trons. A10-4	31-32	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
60.	Trons. A10-5	32-33	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
61.	Trons. A10-6	33-34	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
62.	Trons. CP1-1	1-15	D (mm) = 600	K (m) = 0.000250
63.	Trons. CP1-2	15-28	D (mm) = 400	K (m) = 0.000250
64.	Trons. CP2-1	1-40	D (mm) = 600	K (m) = 0.000250
65.	Trons. CP2-2	40-54	D (mm) = 400	K (m) = 0.000250

Date inițiale referitoare la nodurile interioare

1.	Nod int. 28	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 38.500
2.	Nod int. 35	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 39.150
3.	Nod int. 36	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 38.450
4.	Nod int. 37	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 37.750
5.	Nod int. 38	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 37.400
6.	Nod int. 39P	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 37.000
7.	Nod int. 39	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 35.700
8.	Nod int. 15	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 38.150
9.	Nod int. 22	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 38.200
10.	Nod int. 23	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 37.850
11.	Nod int. 24	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 36.800
12.	Nod int. 25	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 36.100
13.	Nod int. 26	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 36.000
14.	Nod int. 27	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 33.000
15.	Nod int. 8	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 36.470
16.	Nod int. 9	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 36.600
17.	Nod int. 10	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 35.600

18.	Nod int. 11	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 34.700
19.	Nod int. 12	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 33.100
20.	Nod int. 13	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 32.600
21.	Nod int. 14	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 29.500
22.	Nod int. 40	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 35.350
23.	Nod int. 47	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 35.250
24.	Nod int. 48	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 35.100
25.	Nod int. 49	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 34.120
26.	Nod int. 50	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 32.600
27.	Nod int. 51	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 31.850
28.	Nod int. 52	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 31.600
29.	Nod int. 53	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 29.600
30.	Nod int. 54	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 34.500
31.	Nod int. 61	Debit nod = 0.014020	Cota teren (m) = 34.300
32.	Nod int. 62	Debit nod = 0.014020	Cota teren (m) = 34.550
33.	Nod int. 63	Debit nod = 0.014020	Cota teren (m) = 33.200
34.	Nod int. 64	Debit nod = 0.014020	Cota teren (m) = 31.420
35.	Nod int. 65	Debit nod = 0.014020	Cota teren (m) = 30.000
36.	Nod int. 55	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 35.200
37.	Nod int. 56	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 35.250
38.	Nod int. 57	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 34.800
39.	Nod int. 58	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 35.150
40.	Nod int. 59	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 36.480
41.	Nod int. 60	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 37.200

42.	Nod int. 41	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 36.000
43.	Nod int. 42	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 36.300
44.	Nod int. 43	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 36.470
45.	Nod int. 44	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 36.500
46.	Nod int. 45	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 38.850
47.	Nod int. 46	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 39.700
48.	Nod int. 2	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 37.250
49.	Nod int. 3	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 38.200
50.	Nod int. 4	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 38.420
51.	Nod int. 5	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 38.100
52.	Nod int. 6	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 41.000
53.	Nod int. 7	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 41.600
54.	Nod int. 16	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 38.500
55.	Nod int. 17	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 39.000
56.	Nod int. 18	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 38.720
57.	Nod int. 19	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 39.750
58.	Nod int. 20	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 41.630
59.	Nod int. 21	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 41.200
60.	Nod int. 29	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 40.000
61.	Nod int. 30	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 38.800
62.	Nod int. 31	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 39.400
63.	Nod int. 32	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 41.500
64.	Nod int. 33	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 41.800
65.	Nod int. 34	Debit nod = 0.013940	Cota teren (m) = 41.200

Date inițiale referitoare la nodurile rezervoare

Nod rezervor 1 Cota piezom. (m) = 102.5

REZULTATE CALCUL

Debite, viteze și pierderi de sarcină pe tronsoane

1.	Trons. A 1-1	Debit (m ³ /s) = 0.0836	V (m/s) = 1.705	hr (mca) = 2.339
2.	Trons. A 1-2	Debit (m ³ /s) = 0.0697	V (m/s) = 1.421	hr (mca) = 1.891
3.	Trons. A 1-3	Debit (m ³ /s) = 0.0558	V (m/s) = 1.776	hr (mca) = 3.784
4.	Trons. A 1-4	Debit (m ³ /s) = 0.0418	V (m/s) = 1.332	hr (mca) = 2.193
5.	Trons. A 1-5	Debit (m ³ /s) = 0.0279	V (m/s) = 1.108	hr (mca) = 0.812
6.	Trons. A 1-6	Debit (m ³ /s) = 0.0139	V (m/s) = 0.868	hr (mca) = 0.683
7.	Trons. A 2-1	Debit (m ³ /s) = 0.0836	V (m/s) = 1.705	hr (mca) = 2.339
8.	Trons. A 2-2	Debit (m ³ /s) = 0.0697	V (m/s) = 1.421	hr (mca) = 1.891
9.	Trons. A 2-3	Debit (m ³ /s) = 0.0558	V (m/s) = 1.776	hr (mca) = 3.784
10.	Trons. A 2-4	Debit (m ³ /s) = 0.0418	V (m/s) = 1.332	hr (mca) = 2.193
11.	Trons. A 2-5	Debit (m ³ /s) = 0.0279	V (m/s) = 1.108	hr (mca) = 1.624
12.	Trons. A 2-6	Debit (m ³ /s) = 0.0139	V (m/s) = 0.868	hr (mca) = 1.024
13.	Trons. A 3-1	Debit (m ³ /s) = 0.0976	V (m/s) = 1.381	hr (mca) = 1.259
14.	Trons. A 3-2	Debit (m ³ /s) = 0.0836	V (m/s) = 1.184	hr (mca) = 1.075
15.	Trons. A 3-3	Debit (m ³ /s) = 0.0697	V (m/s) = 1.421	hr (mca) = 1.891
16.	Trons. A 3-4	Debit (m ³ /s) = 0.0558	V (m/s) = 1.137	hr (mca) = 1.241
17.	Trons. A 3-5	Debit (m ³ /s) = 0.0418	V (m/s) = 1.332	hr (mca) = 2.193

18.	Trons. A 3-6	Debit (m ³ /s) = 0.0279	V (m/s) = 1.108	hr (mca) = 1.624
19.	Trons. A 3-7	Debit (m ³ /s) = 0.0139	V (m/s) = 0.868	hr (mca) = 1.024
20.	Trons. A 4-1	Debit (m ³ /s) = 0.0976	V (m/s) = 1.381	hr (mca) = 1.259
21.	Trons. A 4-2	Debit (m ³ /s) = 0.0836	V (m/s) = 1.184	hr (mca) = 1.075
22.	Trons. A 4-3	Debit (m ³ /s) = 0.0697	V (m/s) = 1.421	hr (mca) = 1.891
23.	Trons. A 4-4	Debit (m ³ /s) = 0.0558	V (m/s) = 1.137	hr (mca) = 1.241
24.	Trons. A 4-5	Debit (m ³ /s) = 0.0418	V (m/s) = 1.332	hr (mca) = 2.193
25.	Trons. A 4-6	Debit (m ³ /s) = 0.0279	V (m/s) = 1.108	hr (mca) = 1.624
26.	Trons. A 4-7	Debit (m ³ /s) = 0.0139	V (m/s) = 0.868	hr (mca) = 1.024
27.	Trons. A 5-1	Debit (m ³ /s) = 0.0701	V (m/s) = 1.429	hr (mca) = 1.673
28.	Trons. A 5-2	Debit (m ³ /s) = 0.0561	V (m/s) = 1.143	hr (mca) = 1.254
29.	Trons. A 5-3	Debit (m ³ /s) = 0.0421	V (m/s) = 1.339	hr (mca) = 2.217
30.	Trons. A 5-4	Debit (m ³ /s) = 0.0280	V (m/s) = 1.115	hr (mca) = 1.641
31.	Trons. A 5-5	Debit (m ³ /s) = 0.0140	V (m/s) = 0.873	hr (mca) = 1.035
32.	Trons. A 6-1	Debit (m ³ /s) = 0.0836	V (m/s) = 1.705	hr (mca) = 2.339
33.	Trons. A 6-2	Debit (m ³ /s) = 0.0697	V (m/s) = 1.421	hr (mca) = 1.891
34.	Trons. A 6-3	Debit (m ³ /s) = 0.0558	V (m/s) = 1.776	hr (mca) = 3.784
35.	Trons. A 6-4	Debit (m ³ /s) = 0.0418	V (m/s) = 1.332	hr (mca) = 2.193
36.	Trons. A 6-5	Debit (m ³ /s) = 0.0279	V (m/s) = 1.108	hr (mca) = 1.624
37.	Trons. A 6-6	Debit (m ³ /s) = 0.0139	V (m/s) = 0.868	hr (mca) = 0.683
38.	Trons. A 7-1	Debit (m ³ /s) = 0.0836	V (m/s) = 1.705	hr (mca) = 2.339
39.	Trons. A 7-2	Debit (m ³ /s) = 0.0697	V (m/s) = 1.421	hr (mca) = 1.891
40.	Trons. A 7-3	Debit (m ³ /s) = 0.0558	V (m/s) = 1.776	hr (mca) = 3.784
41.	Trons. A 7-4	Debit (m ³ /s) = 0.0418	V (m/s) = 1.332	hr (mca) = 2.193
42.	Trons. A 7-5	Debit (m ³ /s) = 0.0279	V (m/s) = 1.108	hr (mca) = 1.624
43.	Trons. A 7-6	Debit (m ³ /s) = 0.0139	V (m/s) = 0.868	hr (mca) = 0.693
44.	Trons. A 8-1	Debit (m ³ /s) = 0.0836	V (m/s) = 1.705	hr (mca) = 2.339
45.	Trons. A 8-2	Debit (m ³ /s) = 0.0697	V (m/s) = 1.421	hr (mca) = 1.891
46.	Trons. A 8-3	Debit (m ³ /s) = 0.0558	V (m/s) = 1.776	hr (mca) = 3.784
47.	Trons. A 8-4	Debit (m ³ /s) = 0.0418	V (m/s) = 1.332	hr (mca) = 2.193
48.	Trons. A 8-5	Debit (m ³ /s) = 0.0279	V (m/s) = 1.108	hr (mca) = 1.624
49.	Trons. A 8-6	Debit (m ³ /s) = 0.0139	V (m/s) = 0.868	hr (mca) = 0.683
50.	Trons. A 9-1	Debit (m ³ /s) = 0.0836	V (m/s) = 1.705	hr (mca) = 2.339
51.	Trons. A 9-2	Debit (m ³ /s) = 0.0697	V (m/s) = 1.421	hr (mca) = 1.891
52.	Trons. A 9-3	Debit (m ³ /s) = 0.0558	V (m/s) = 1.776	hr (mca) = 3.784
53.	Trons. A 9-4	Debit (m ³ /s) = 0.0418	V (m/s) = 1.332	hr (mca) = 2.193
54.	Trons. A 9-5	Debit (m ³ /s) = 0.0279	V (m/s) = 1.108	hr (mca) = 1.624
55.	Trons. A 9-6	Debit (m ³ /s) = 0.0139	V (m/s) = 0.868	hr (mca) = 0.683
56.	Trons. A10-1	Debit (m ³ /s) = 0.0836	V (m/s) = 1.705	hr (mca) = 2.339
57.	Trons. A10-2	Debit (m ³ /s) = 0.0697	V (m/s) = 1.421	hr (mca) = 1.891
58.	Trons. A10-3	Debit (m ³ /s) = 0.0558	V (m/s) = 1.776	hr (mca) = 3.784
59.	Trons. A10-4	Debit (m ³ /s) = 0.0418	V (m/s) = 1.332	hr (mca) = 2.193
60.	Trons. A10-5	Debit (m ³ /s) = 0.0279	V (m/s) = 1.108	hr (mca) = 1.624
61.	Trons. A10-6	Debit (m ³ /s) = 0.0139	V (m/s) = 0.868	hr (mca) = 0.683
62.	Trons. CP1-1	Debit (m ³ /s) = 0.3346	V (m/s) = 1.184	hr (mca) = 1.226
63.	Trons. CP1-2	Debit (m ³ /s) = 0.1673	V (m/s) = 1.332	hr (mca) = 2.538
64.	Trons. CP2-1	Debit (m ³ /s) = 0.3350	V (m/s) = 1.185	hr (mca) = 1.229
65.	Trons. CP2-2	Debit (m ³ /s) = 0.1537	V (m/s) = 1.224	hr (mca) = 2.151

Cote piezometrice și presiuni disponibile la nodurile interioare

1.	Nod 28	Cota piez. (m) = 98.73654	Pres. disp. (mca) = 60.237
2.	Nod 35	Cota piez. (m) = 96.39731	Pres. disp. (mca) = 57.247
3.	Nod 36	Cota piez. (m) = 94.50612	Pres. disp. (mca) = 56.056
4.	Nod 37	Cota piez. (m) = 90.72168	Pres. disp. (mca) = 52.972
5.	Nod 38	Cota piez. (m) = 88.52879	Pres. disp. (mca) = 51.129
6.	Nod 39P	Cota piez. (m) = 87.71673	Pres. disp. (mca) = 50.717
7.	Nod 39	Cota piez. (m) = 87.03405	Pres. disp. (mca) = 51.334
8.	Nod 15	Cota piez. (m) = 101.27410	Pres. disp. (mca) = 63.124
9.	Nod 22	Cota piez. (m) = 98.93488	Pres. disp. (mca) = 60.735
10.	Nod 23	Cota piez. (m) = 97.04369	Pres. disp. (mca) = 59.194
11.	Nod 24	Cota piez. (m) = 93.25924	Pres. disp. (mca) = 56.459
12.	Nod 25	Cota piez. (m) = 91.06636	Pres. disp. (mca) = 54.966
13.	Nod 26	Cota piez. (m) = 89.44224	Pres. disp. (mca) = 53.442
14.	Nod 27	Cota piez. (m) = 88.41822	Pres. disp. (mca) = 55.418
15.	Nod 8	Cota piez. (m) = 101.24080	Pres. disp. (mca) = 64.771
16.	Nod 9	Cota piez. (m) = 100.16540	Pres. disp. (mca) = 63.565
17.	Nod 10	Cota piez. (m) = 98.27422	Pres. disp. (mca) = 62.674
18.	Nod 11	Cota piez. (m) = 97.03323	Pres. disp. (mca) = 62.333
19.	Nod 12	Cota piez. (m) = 94.84036	Pres. disp. (mca) = 61.740
20.	Nod 13	Cota piez. (m) = 93.21623	Pres. disp. (mca) = 60.616
21.	Nod 14	Cota piez. (m) = 92.19221	Pres. disp. (mca) = 62.692
22.	Nod 40	Cota piez. (m) = 101.27120	Pres. disp. (mca) = 65.921
23.	Nod 47	Cota piez. (m) = 100.01210	Pres. disp. (mca) = 64.762
24.	Nod 48	Cota piez. (m) = 98.93664	Pres. disp. (mca) = 63.837
25.	Nod 49	Cota piez. (m) = 97.04546	Pres. disp. (mca) = 62.925
26.	Nod 50	Cota piez. (m) = 95.80448	Pres. disp. (mca) = 63.204
27.	Nod 51	Cota piez. (m) = 93.61159	Pres. disp. (mca) = 61.762
28.	Nod 52	Cota piez. (m) = 91.98748	Pres. disp. (mca) = 60.387
29.	Nod 53	Cota piez. (m) = 90.96346	Pres. disp. (mca) = 61.363
30.	Nod 54	Cota piez. (m) = 99.12039	Pres. disp. (mca) = 64.620
31.	Nod 61	Cota piez. (m) = 97.44757	Pres. disp. (mca) = 63.148
32.	Nod 62	Cota piez. (m) = 96.19316	Pres. disp. (mca) = 61.643
33.	Nod 63	Cota piez. (m) = 93.97644	Pres. disp. (mca) = 60.776
34.	Nod 64	Cota piez. (m) = 92.33527	Pres. disp. (mca) = 60.915
35.	Nod 65	Cota piez. (m) = 91.30057	Pres. disp. (mca) = 61.301
36.	Nod 55	Cota piez. (m) = 96.78116	Pres. disp. (mca) = 61.581
37.	Nod 56	Cota piez. (m) = 94.88997	Pres. disp. (mca) = 59.640
38.	Nod 57	Cota piez. (m) = 91.10552	Pres. disp. (mca) = 56.306
39.	Nod 58	Cota piez. (m) = 88.91264	Pres. disp. (mca) = 53.763
40.	Nod 59	Cota piez. (m) = 87.28852	Pres. disp. (mca) = 50.809
41.	Nod 60	Cota piez. (m) = 86.60584	Pres. disp. (mca) = 49.406
42.	Nod 41	Cota piez. (m) = 98.93201	Pres. disp. (mca) = 62.932
43.	Nod 42	Cota piez. (m) = 97.04082	Pres. disp. (mca) = 60.741
44.	Nod 43	Cota piez. (m) = 93.25637	Pres. disp. (mca) = 56.706
45.	Nod 44	Cota piez. (m) = 91.06349	Pres. disp. (mca) = 54.563

46.	Nod 45	Cota piez. (m) = 89.43937	Pres.disp. (mca) = 50.589
47.	Nod 46	Cota piez. (m) = 88.75669	Pres. disp. (mca) = 49.057
48.	Nod 2	Cota piez. (m) = 100.16080	Pres. disp. (mca) = 62.911
49.	Nod 3	Cota piez. (m) = 98.26958	Pres. disp. (mca) = 60.070
50.	Nod 4	Cota piez. (m) = 94.48513	Pres. disp. (mca) = 56.065
51.	Nod 5	Cota piez. (m) = 92.29225	Pres. disp. (mca) = 54.192
52.	Nod 6	Cota piez. (m) = 90.66813	Pres. disp. (mca) = 49.668
53.	Nod 7	Cota piez. (m) = 89.98545	Pres. disp. (mca) = 48.385
54.	Nod 16	Cota piez. (m) = 98.93488	Pres. disp. (mca) = 60.435
55.	Nod 17	Cota piez. (m) = 97.04369	Pres. disp. (mca) = 58.044
56.	Nod 18	Cota piez. (m) = 93.25924	Pres. disp. (mca) = 54.539
57.	Nod 19	Cota piez. (m) = 91.06636	Pres. disp. (mca) = 51.316
58.	Nod 20	Cota piez. (m) = 89.44224	Pres. disp. (mca) = 47.812
59.	Nod 21	Cota piez. (m) = 88.75956	Pres. disp. (mca) = 47.560
60.	Nod 29	Cota piez. (m) = 96.39731	Pres. disp. (mca) = 56.397
61.	Nod 30	Cota piez. (m) = 94.50612	Pres. disp. (mca) = 55.706
62.	Nod 31	Cota piez. (m) = 90.72168	Pres. disp. (mca) = 51.322
63.	Nod 32	Cota piez. (m) = 88.52879	Pres. disp. (mca) = 47.029
64.	Nod 33	Cota piez. (m) = 86.90467	Pres. disp. (mca) = 45.105
65.	Nod 34	Cota piez. (m) = 86.22199	Pres. disp. (mca) = 45.022

Rețea V1

Număr tronsoane 46

Număr noduri interioare 46

Număr noduri rezervoare 1

Date inițiale referitoare la tronsoane

1.	Trons. T1	SPP71-1	D (mm) = 600	K (m) = 0.000250
2.	Trons. T2	1-2	D (mm) = 400	K (m) = 0.000250
3.	Trons. T3	2-3	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
4.	Trons. T4	3-4	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
5.	Trons. T5	4-5	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
6.	Trons. T6	5-6	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
7.	Trons. T7	2-7	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
8.	Trons. T8	7-8	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
9.	Trons. T9	8-9	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
10.	Trons. T10	9-10	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
11.	Trons. T11	1-11	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
12.	Trons. T12	11-12	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
13.	Trons. T13	12-13	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
14.	Trons. T14	13-14	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
15.	Trons. T15	1-15	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
16.	Trons. T16	15-16	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
17.	Trons. T17	16-17	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
18.	Trons. T18	17-18	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
19.	Trons. T19	SPP71-19	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
20.	Trons. T20	19-20	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
21.	Trons. T21	20-21	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
22.	Trons. T22	21-22	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
23.	Trons. T23	SPP71-23	D (mm) = 300	K (m) = 0.000050
24.	Trons. T24	23-24	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
25.	Trons. T25	24-25	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
26.	Trons. T26	25-26	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
27.	Trons. T27	26-27	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
28.	Trons. T28	SPP71-28	D (mm) = 600	K (m) = 0.000250
29.	Trons. T29	28-30	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
30.	Trons. T30	30-31	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
31.	Trons. T31	31-32	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
32.	Trons. T32	32-33	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
33.	Trons. T33	28-34	D (mm) = 300	K (m) = 0.000050
34.	Trons. T34	34-35	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
35.	Trons. T35	35-36	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
36.	Trons. T36	36-37	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
37.	Trons. T37	37-38	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
38.	Trons. T38	28-29	D (mm) = 400	K (m) = 0.000250
39.	Trons. T39	29-39	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
40.	Trons. T40	39-40	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050

Anexa nr.2

41.	Trons. T41	40-41	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
42.	Trons. T42	41-42	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010
43.	Trons. T43	29-43	D (mm) = 250	K (m) = 0.000050
44.	Trons. T44	43-44	D (mm) = 200	K (m) = 0.000050
45.	Trons. T45	44-45	D (mm) = 179	K (m) = 0.000010
46.	Trons. T46	45-46	D (mm) = 143	K (m) = 0.000010

Date inițiale referitoare la nodurile interioare

1.	Nod int. 1	Debit nod = 0.055600	Cota teren (m) = 38.150
2.	Nod int. 2	Debit nod = 0.090970	Cota teren (m) = 38.500
3.	Nod int. 3	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 38.800
4.	Nod int. 4	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 41.500
5.	Nod int. 5	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 41.800
6.	Nod int. 6	Debit nod = 0.062460	Cota teren (m) = 41.200
7.	Nod int. 7	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 38.450
8.	Nod int. 8	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 37.400
9.	Nod int. 9	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 37.000
10.	Nod int. 10	Debit nod = 0.055035	Cota teren (m) = 35.700
11.	Nod int. 11	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 39.000
12.	Nod int. 12	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 39.750
13.	Nod int. 13	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 41.630
14.	Nod int. 14	Debit nod = 0.062460	Cota teren (m) = 41.200
15.	Nod int. 15	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 37.850
16.	Nod int. 16	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 36.100
17.	Nod int. 17	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 35.500
18.	Nod int. 18	Debit nod = 0.062460	Cota teren (m) = 33.000
19.	Nod int. 19	Debit nod = 0.062460	Cota teren (m) = 38.200
20.	Nod int. 20	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 38.100
21.	Nod int. 21	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 41.000
22.	Nod int. 22	Debit nod = 0.062460	Cota teren (m) = 41.600
23.	Nod int. 23	Debit nod = 0.069040	Cota teren (m) = 36.600
24.	Nod int. 24	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 34.700
25.	Nod int. 25	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 33.100
26.	Nod int. 26	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 32.600
27.	Nod int. 27	Debit nod = 0.069400	Cota teren (m) = 29.500
28.	Nod int. 28	Debit nod = 0.065250	Cota teren (m) = 35.350
29.	Nod int. 30	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 36.300
30.	Nod int. 31	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 36.500
31.	Nod int. 32	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 38.850
32.	Nod int. 33	Debit nod = 0.062460	Cota teren (m) = 39.700
33.	Nod int. 34	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 35.100
34.	Nod int. 35	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 32.600

35.	Nod int. 36	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 31.850
36.	Nod int. 37	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 31.600
37.	Nod int. 38	Debit nod = 0.069400	Cota teren (m) = 29.600
38.	Nod int. 29	Debit nod = 0.082470	Cota teren (m) = 34.500
39.	Nod int. 39	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 35.250
40.	Nod int. 40	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 35.150

41.	Nod int. 41	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 36.480
42.	Nod int. 42	Debit nod = 0.062460	Cota teren (m) = 37.200
43.	Nod int. 43	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 34.550
44.	Nod int. 44	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 33.200
45.	Nod int. 45	Debit nod = 0.000000	Cota teren (m) = 31.420
46.	Nod int. 46	Debit nod = 0.055020	Cota teren (m) = 30.000

Date inițiale referitoare la nodurile rezervoare

1 Nod rezervor SPP 71

Cota piezom. (m) = 102.5

REZULTATE CALCUL

Debite, viteze și pierderi de sarcină pe tronsoane

1.	Trons. T 1	Debit (m ³ /s) = 0,3890	v (m/s) = 1.376	hr (mca) = 1.647
2.	Trons. T 2	Debit (m ³ /s) = 0,2085	v (m/s) = 1.660	hr (mca) = 3.910
3.	Trons. T 3	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 1.273	hr (mca) = 2.882
4.	Trons. T 4	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 1.989	hr (mca) = 9.398
5.	Trons. T 5	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 2.483	hr (mca) = 7.159
6.	Trons. T 6	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 3.891	hr (mca) = 10.797
7.	Trons. T 7	Debit (m ³ /s) = 0,0550	v (m/s) = 1.122	hr (mca) = 2.270
8.	Trons. T 8	Debit (m ³ /s) = 0,0550	v (m/s) = 1.753	hr (mca) = 7.383
9.	Trons. T 9	Debit (m ³ /s) = 0,0550	v (m/s) = 2.188	hr (mca) = 2.832
10.	Trons. T10	Debit (m ³ /s) = 0,0550	v (m/s) = 3.428	hr (mca) = 8.523
11.	Trons. T11	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 1.273	hr (mca) = 2.882
12.	Trons. T12	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 1.989	hr (mca) = 9.398
13.	Trons. T13	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 2.483	hr (mca) = 7.159
14.	Trons. T14	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 3.891	hr (mca) = 10.797
15.	Trons. T15	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 1.273	hr (mca) = 2.882
16.	Trons. T16	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 1.989	hr (mca) = 9.398
17.	Trons. T17	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 2.483	hr (mca) = 7.159
18.	Trons. T18	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 3.891	hr (mca) = 16.195
19.	Trons. T19	Debit (m ³ /s) = 0,1249	v (m/s) = 2.546	hr (mca) = 10.799
20.	Trons. T20	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 1.989	hr (mca) = 9.398
21.	Trons. T21	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 2.483	hr (mca) = 7.159
22.	Trons. T22	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 3.891	hr (mca) = 10.797
23.	Trons. T23	Debit (m ³ /s) = 0,1384	v (m/s) = 1.960	hr (mca) = 5.248
24.	Trons. T24	Debit (m ³ /s) = 0,0694	v (m/s) = 1.415	hr (mca) = 3.752
25.	Trons. T25	Debit (m ³ /s) = 0,0694	v (m/s) = 2.210	hr (mca) = 5.748
26.	Trons. T26	Debit (m ³ /s) = 0,0694	v (m/s) = 2.759	hr (mca) = 8.706
27.	Trons. T27	Debit (m ³ /s) = 0,0694	v (m/s) = 4.323	hr (mca) = 19.729
28.	Trons. T28	Debit (m ³ /s) = 0,3971	v (m/s) = 1.405	hr (mca) = 1.715
29.	Trons. T29	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 1.273	hr (mca) = 2.882
30.	Trons. T30	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 1.989	hr (mca) = 9.398
31.	Trons. T31	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 2.483	hr (mca) = 7.159
32.	Trons. T32	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 3.891	hr (mca) = 10.797

33.	Trons. T33	Debit (m ³ /s) = 0,0694	v (m/s) = 0.982	hr (mca) = 1.420
34.	Trons. T34	Debit (m ³ /s) = 0,0694	v (m/s) = 1.415	hr (mca) = 3.752
35.	Trons. T35	Debit (m ³ /s) = 0,0694	v (m/s) = 2.210	hr (mca) = 5.748
36.	Trons. T36	Debit (m ³ /s) = 0,0694	v (m/s) = 2.759	hr (mca) = 8.706
37.	Trons. T37	Debit (m ³ /s) = 0,0694	v (m/s) = 4.323	hr (mca) = 19.729
38.	Trons. T38	Debit (m ³ /s) = 0,2000	v (m/s) = 1.592	hr (mca) = 3.602
39.	Trons. T39	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 1.273	hr (mca) = 2.882
40.	Trons. T40	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 1.989	hr (mca) = 9.398
41.	Trons. T41	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 2.483	hr (mca) = 7.159
42.	Trons. T42	Debit (m ³ /s) = 0,0625	v (m/s) = 3.891	hr (mca) = 10.797
43.	Trons. T43	Debit (m ³ /s) = 0,0550	v (m/s) = 1.121	hr (mca) = 2.269
44.	Trons. T44	Debit (m ³ /s) = 0,0550	v (m/s) = 1.752	hr (mca) = 3.689
45.	Trons. T45	Debit (m ³ /s) = 0,0550	v (m/s) = 2.187	hr (mca) = 5.661
46.	Trons. T46	Debit (m ³ /s) = 0,0550	v (m/s) = 3.428	hr (mca) = 12.779

Cote piezometrice și presiuni disponibile la nodurile interioare

1.	Nod 1	Cota piez. (m) = 100.8530	Pres.disp. (mca) = 62.703
2.	Nod 2	Cota piez. (m) = 96.94345	Pres.disp. (mca) = 58.443
3.	Nod 3	Cota piez. (m) = 94.06164	Pres.disp. (mca) = 55.262
4.	Nod 4	Cota piez. (m) = 84.66392	Pres.disp. (mca) = 43.164
5.	Nod 5	Cota piez. (m) = 77.50456	Pres.disp. (mca) = 35.705
6.	Nod 6	Cota piez. (m) = 66.70787	Pres.disp. (mca) = 25.508
7.	Nod 7	Cota piez. (m) = 94.67322	Pres.disp. (mca) = 56.223
8.	Nod 8	Cota piez. (m) = 87.29062	Pres.disp. (mca) = 49.891
9.	Nod 9	Cota piez. (m) = 84.45872	Pres.disp. (mca) = 47.459
10.	Nod 10	Cota piez. (m) = 75.93539	Pres.disp. (mca) = 40.235
11.	Nod 11	Cota piez. (m) = 97.97116	Pres.disp. (mca) = 58.971
12.	Nod 12	Cota piez. (m) = 88.57343	Pres.disp. (mca) = 48.823
13.	Nod 13	Cota piez. (m) = 81.41407	Pres.disp. (mca) = 39.784
14.	Nod 14	Cota piez. (m) = 70.61739	Pres.disp. (mca) = 29.417
15.	Nod 15	Cota piez. (m) = 97.97116	Pres.disp. (mca) = 60.121
16.	Nod 16	Cota piez. (m) = 88.57343	Pres.disp. (mca) = 52.473
17.	Nod 17	Cota piez. (m) = 81.41407	Pres.disp. (mca) = 45.914
18.	Nod 18	Cota piez. (m) = 65.21905	Pres.disp. (mca) = 32.219
19.	Nod 19	Cota piez. (m) = 91.70074	Pres.disp. (mca) = 53.501
20.	Nod 20	Cota piez. (m) = 82.30303	Pres.disp. (mca) = 44.203
21.	Nod 21	Cota piez. (m) = 75.14366	Pres.disp. (mca) = 34.144
22.	Nod 22	Cota piez. (m) = 64.34698	Pres.disp. (mca) = 22.747

23.	Nod 23	Cota piez. (m) = 97.25167	Pres.disp. (mca) = 60.652
24.	Nod 24	Cota piez. (m) = 93.50007	Pres.disp. (mca) = 58.800
25.	Nod 25	Cota piez. (m) = 87.75202	Pres.disp. (mca) = 54.652
26.	Nod 26	Cota piez. (m) = 79.04635	Pres.disp. (mca) = 46.446
27.	Nod 27	Cota piez. (m) = 59.31779	Pres.disp. (mca) = 29.818
28.	Nod 28	Cota piez. (m) = 100.78520	Pres.disp. (mca) = 65.435
29.	Nod 30	Cota piez. (m) = 97.90341	Pres.disp. (mca) = 61.603
30.	Nod 31	Cota piez. (m) = 88.50568	Pres.disp. (mca) = 52.006
31.	Nod 32	Cota piez. (m) = 81.34632	Pres.disp. (mca) = 42.496
32.	Nod 33	Cota piez. (m) = 70.54964	Pres.disp. (mca) = 30.850
33.	Nod 34	Cota piez. (m) = 99.36570	Pres.disp. (mca) = 64.266
34.	Nod 35	Cota piez. (m) = 95.61410	Pres.disp. (mca) = 63.014
35.	Nod 36	Cota piez. (m) = 89.86605	Pres.disp. (mca) = 58.016
36.	Nod 37	Cota piez. (m) = 81.16037	Pres.disp. (mca) = 49.560
37.	Nod 38	Cota piez. (m) = 61.43182	Pres.disp. (mca) = 31.832
38.	Nod 29	Cota piez. (m) = 97.18350	Pres.disp. (mca) = 62.684
39.	Nod 39	Cota piez. (m) = 94.30169	Pres.disp. (mca) = 59.052
40.	Nod 40	Cota piez. (m) = 84.90397	Pres.disp. (mca) = 49.754
41.	Nod 41	Cota piez. (m) = 77.74461	Pres.disp. (mca) = 41.265
42.	Nod 42	Cota piez. (m) = 66.94792	Pres.disp. (mca) = 29.748
43.	Nod 43	Cota piez. (m) = 94.91444	Pres.disp. (mca) = 60.364
44.	Nod 44	Cota piez. (m) = 91.22505	Pres.disp. (mca) = 58.025
45.	Nod 45	Cota piez. (m) = 85.56411	Pres.disp. (mca) = 54.144
46.	Nod 46	Cota piez. (m) = 72.78561	Pres.disp. (mca) = 42.786

SECȚIUNEA III

**AMENAJĂRI HIDROTEHNICE
COMPLEXE
ȘI ÎNCADRAREA AMENAJĂRILOR
HIDRAULICO-AGRARE**

AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE – SECTOR TRIPLU PRIORITAR: HIDROENERGIE, NAVIGAȚIE ȘI HIDRAULICO-AGRARE EXEMPLE DIN TEHNICA MONDIALĂ ȘI ROMÂNĂ. CONCEPȚII, SOLUȚII ȘI REALIZĂRI ÎN VESTUL EUROPEI (B.H. RHÔNE, FRANȚA) ȘI SUD-ESTUL EUROPEI (B.H. PRUT ȘI VALEA CARASU-DUNĂREA, ROMÂNIA)

După cum a rezultat și din capitolele anterioare, cu toată dificultatea comunicării între state – popoare – civilizații (ca timp și spațiu), se constată realizări și în domeniul hidrotehnic cu ipoteze și valențe ce conduc spre concluzii similare. Am constatat aceasta și documentar, dar și prin studii directe în interspațiul Oceanul Atlantic ÷ Oceanul Pacific.

În acest ultim capitol se vor prezenta spre exemplificare, ca soluție-concepție și chiar realizare, în unele cazuri: *Amenajările Complexe Hidrotehnice din Vestul Europei – Franța (b.h. Rhône) – 6.1* – și din *Centru-Estul Europei (b.h. Prut și fluviul Dunărea, sector mijlociu) – 6.2 și 6.3*, pentru ca în final să se „întrevadă” conexiunea între acestea.

6.1. AMENAJAREA HIDROTEHNICĂ A FLUVIULUI RHÔNE, ÎN SCOP ENERGETIC, DE NAVIGAȚIE ȘI HIDRAULICO-AGRAR

6.1.1. SCHEMA BIEFĂRII RHÔNE-ULUI, ÎNTRE FRONTIERĂ ȘI MARE, CU CARACTERISTICILE HIDROLOGICE

Amenajarea Rhône-ului, aval de Geneva (frontiera Elveției) și până la marea Mediterană (în apropierea portului Marseille – Fos), cu un curs în albie naturală de 500 km lungime, s-a decis prin legea din 27 mai

1921, sub denumirea de „**Formula Rhône-ului**”, cu triplu scop:

1) utilizarea energiei hidraulice;

2) navigație;

3) irigații, drenaje și alte folosințe agricole, vastele lucii de apă ale biefurilor – palierelor favorizând și instalarea zonelor de agrement.

„**Formula Rhône-ului**” prevedea că beneficiile hidroenergetice vor pune în valoare fluviul. Printr-un decret din 5 iunie 1934 s-a acordat Companiei Naționale a Rhône-ului – C.N.R. (fig. 6.1) concesiunea acestei amenajări. Caracteristicile hidrologice ale Rhône-ului sunt sintetizate în planșa-diagramă din fig. 6.2. Planul general de amenajare elaborat de C.N.R. a prevăzut construirea a 20 de lucrări complexe, între frontiera cu Elveția și Mediterana (fig. 6.3, 6.4, 6.5).

Pe **Rhône-ul inferior**, între Lyon și Mediterană, sunt amplasate 12 asemenea lucrări complexe, de tipul unor succesiuni de paliere cu lungimea de aproximativ 20 km. Fiecare bief (palier) cuprinde un baraj, situat în aval de o retenție îndiguită și un canal de derivație, pe care este implantată o uzină hidro-electrică, cu o ecluză. Lucrările au fost executate în cea mai mare măsură după al doilea război mondial, iar din martie 1980 fiind terminat și bieful Vaugris, fluviul este deschis navigației de mare gabarit, pe 310 km lungime (între Lyon și Marsilia).

Pe **Rhône-ul superior**, între frontiera elvețiană și Lyon au fost prevăzute în plan, încă 8 asemenea biefuri – paliere.



Fig. 6.1. Sediul Companiei Naționale a Rhôn-ului-Lyon – C.N.R.

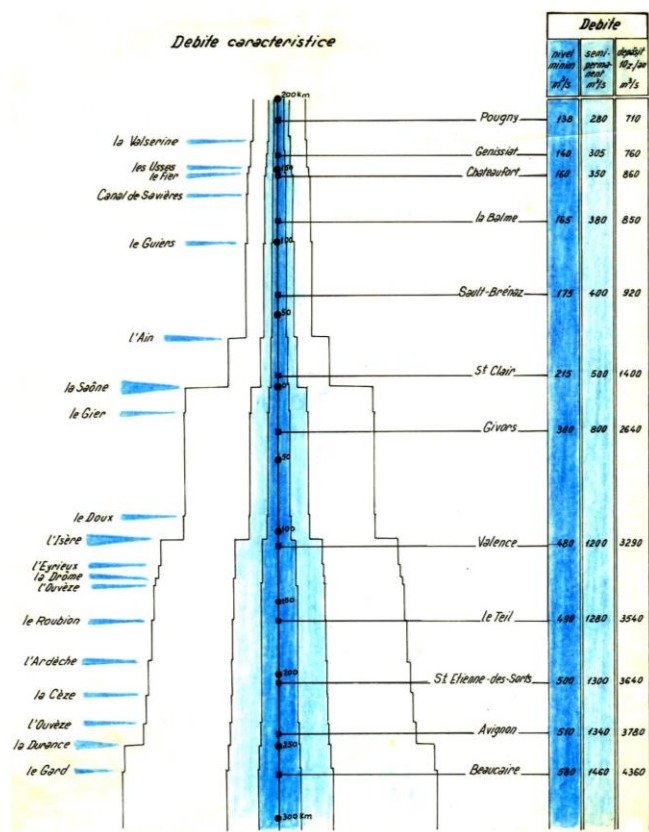


Fig. 6.2. Hidrologia Rhôn-ului

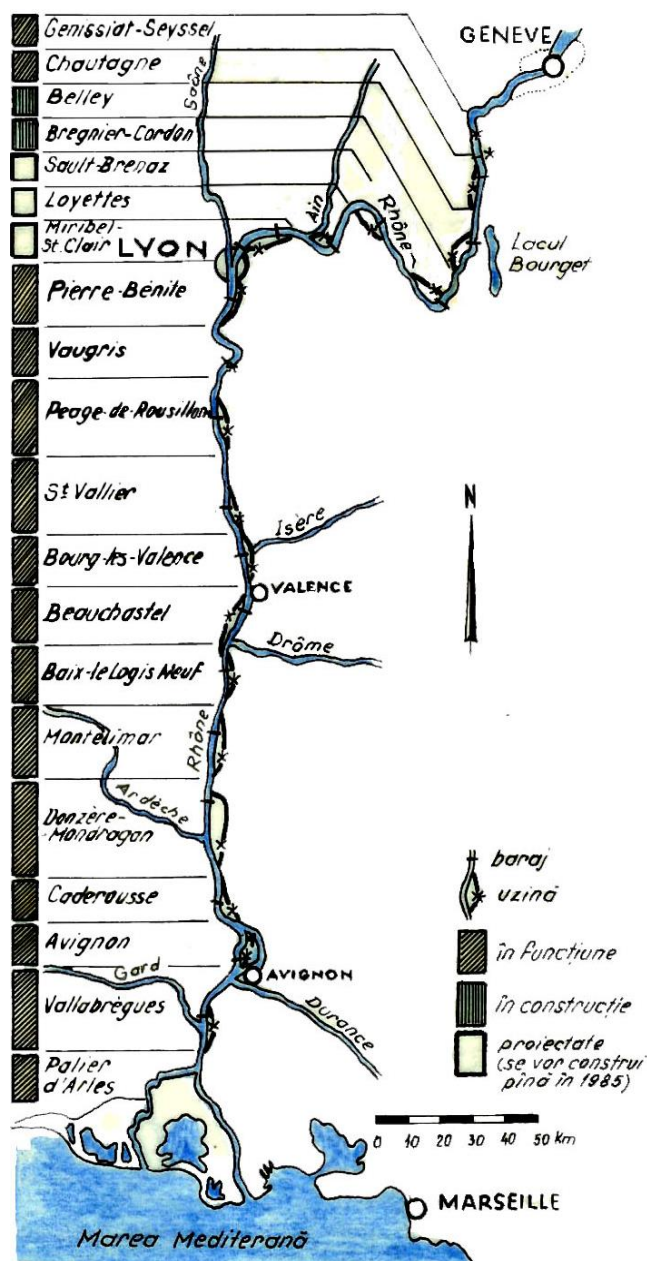


Fig. 6.3. Schema sectoarelor de amenajare a Rhôn-ului

Dintre acestea, primele două căderi (Cenissiat și Seyssel) au fost executate înainte de război, următoarele două (Chautagne și Belley) au fost date în exploatare până în 1981, a cincea cădere (Bregnier-Cordon) era în lucru, iar în 1983 a fost dată în exploatare.

Penultimele două amenajări (Sault-Brenaz și Loyettes) au fost construite până în 1985, iar pe sectorul Miribel-St-Clair se vor amenaja două ecluze, care au permis legarea regiunii Loyettes cu zona aglomerată lianeză, racordând astfel zona industrială din câmpia l'Ain, cu axa fluvială Rhône – Saône, printr-o navigabilă de 50 km lungime.

În figura 6.5. se vede biefarea Rhôn-ului amenajat în palier, cu caracteristicile (H și L) fiecărui bief.

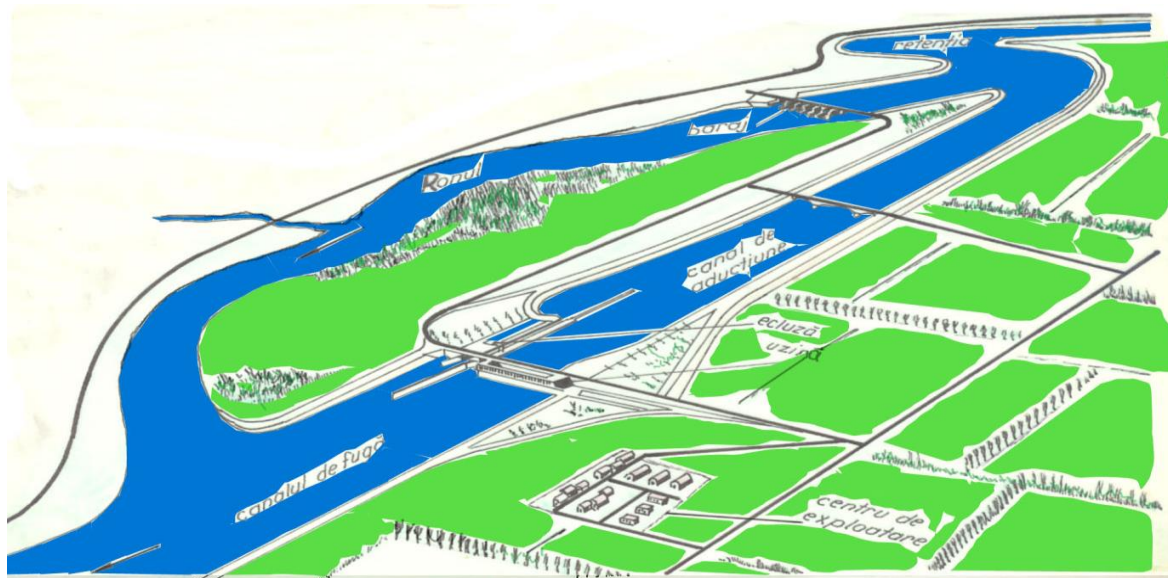


Fig. 6.4. Schema tip a amenajării unui bief pe Rhône

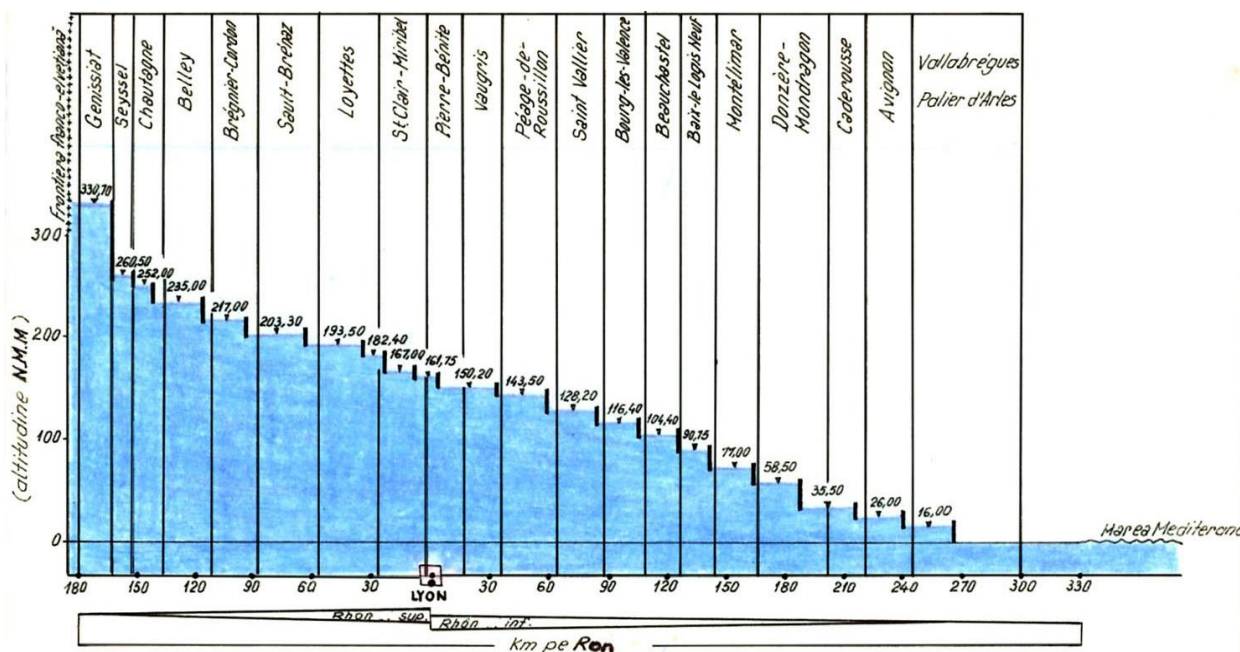


Fig. 6.5. Profilul longitudinal al Rhôn-ului biefat

6.1.2. COMPANIA NAȚIONALĂ A RHÔN-ULUI – C.N.R. ȘI CONCEPȚIA AMENAJĂRILOR

1° Compania Națională a Rhôn-ului – C.N.R.

Este o societate anonimă de interes general, sub controlul statului, cu un capital social de 35 milioane franci M.F. (1981), repartizat între 6 grupe de acționari de aceeași importanță, constituite exclusiv din persoane juridice de drept public:

- Întreprinderi publice, regionale – E.P.R. (d'Alsace, de Bourgogne, de Franche-Comte, de Languedoc – Roussillon, de Provence – Côte d'Azur, de

Rhône – Alpes);

- Colective teritoriale și întreprinderi publice din zona rhodanienne;

- Colective teritoriale și întreprinderi publice de pe axul Rhône – Rhin;

- Colective teritoriale din regiunea Ile de France;

- Societatea Națională de căi ferate franceze (S.N.C.F.);

- Departamentul de electricitate francez (E.D.F.).

De la constituirea sa (1934), C.N.R. a primit din partea statului concesiunea amenajării Rhôn-ului – pentru producerea de energie (1), pentru crearea unei căi navigabile de mare gabarit (2) și pentru realizarea

unui important program de hidroameliorații (3). C.N.R. asigură totodată întreținerea și exploatarea lucrărilor realizate.

Prin legea din 4 ianuarie 1980, atribuțiunile C.N.R. au fost extinse, primind și concesiunea construcției canalului Saône – Rhin, inclusiv exploatarea ansamblului de legătură fluvială Rhône – Rhin.

C.N.R. a realizat (nivel an 1982):

- 17 uzine hidroelectrice, totalizând o putere instalată de 3.000 MW, capabile de a produce 16 TWh;
- 18 baraje mobile pe râuri;
- 8 microcentrale asociate barajelor pentru turbionarea debitelor acumulate;
- 13 ecluze de mare gabarit;
- 32 stații de pompare sau repompare;
- 115 km canale de derivație pe Rhône;
- 320 km canale de desecare (deschise);
- 80 km galerii drenate, destinate controlului apelor freactice.

Investițiile realizate cu echipamentele pe Rhône au atins la sfârșitul anului 1980 peste 26 miliarde franci (valoare 1980), cu finanțare prin: 75% – împrumuturi (ale căror dobânzi sunt acoperite din beneficiile obținute de la vânzarea energiei), 14% – autofinanțate, 11% – subvenții primite de C.N.R. de la stat, în perioada 1966-1977, pentru finanțarea lucrărilor mari – prioritare, care nu pot fi rentabilizate numai prin producția de energie.

Pentru artera – legătura Saône – Rhin, modul de finanțare este diferit, beneficiind de: credite deschise din bugetul statului, concursul colectivităților teritoriale și instituțiilor publice interesate la legătura de navigație Rhin – Mediterana, precum și împrumuturi ce beneficiază de garanția statului.

În scopul înțelegerii modului de eșalonare al amenajărilor în timp, al eforturilor depuse, precum și al ponderii diverselor sectoare (exemplu agricol din total), se dau fig. 6.6 și 6.7 sub formă grafică aceste investiții, pentru perioada 1948–1980).

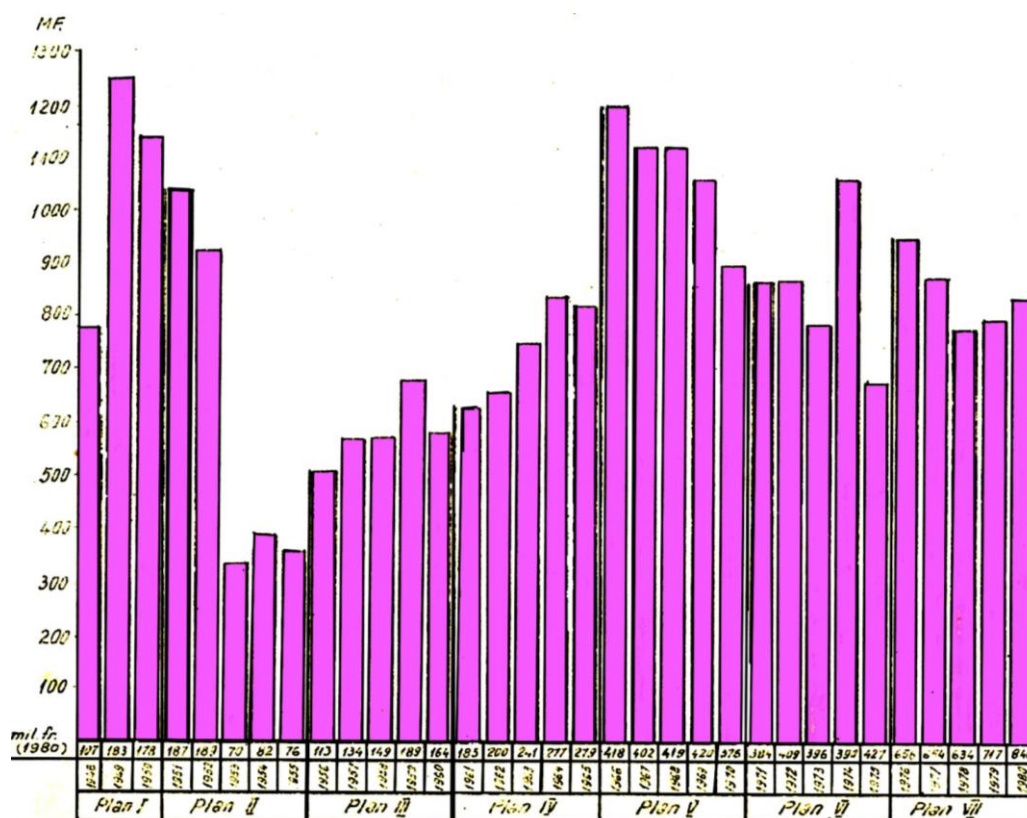


Fig. 6.6. Investițiile totale anuale ale C.N.R. (în franci 1980)

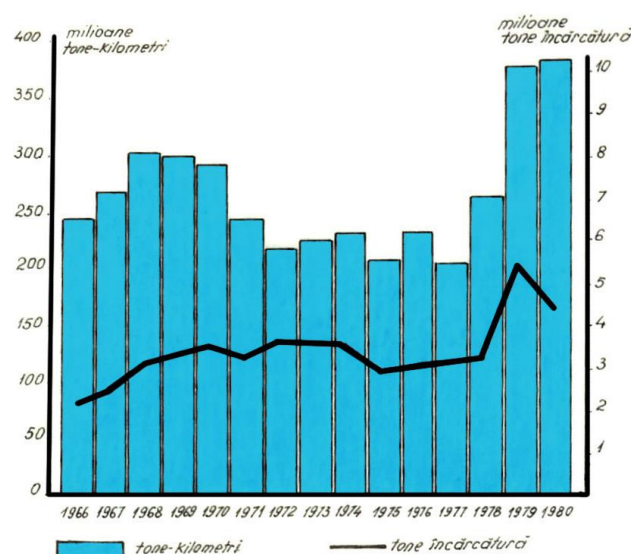


Fig. 6.7. Investițiile în amenajările hidraulico-agrare ale C.N.R. (în franci 1980)

2° Concepția amenajărilor

Condițiile dificile de desfășurare a lucrărilor pe Rhône, datorate existenței a numeroase aglomerații riverane, precum și albiei înguste, au condus C.N.R. la soluția divizării întregului curs (fig. 6.3), în biefuri de aproximativ 20 km lungime, care au format obiective distincte de amenajare.

Obiectivul central al fiecărei amenajări era de a reduce foarte sensibil panta fluviului, cu concentrarea denivelării naturale între extremitățile sectorului amenajat, într-o secțiune în care s-au implantat:

- uzina hidroelectrică și
- ecluza alăturată uzinei, prin care se asigură navigația, în zona căderii.

Pentru reducerea vitezei, respectiv creșterea secțiunii de scurgere, s-au adoptat diverse soluții, prin:

- formarea unei retenții largi și cu adâncime mare pe patul natural;
- crearea unui canal de derivație de dimensiuni mari;

- dragarea în patul râului.

Aceste procedee se pot adopta simultan, în afară de uzină și ecluză fiind necesar și barajul, care limitează în aval retenția (fig. 6.4, fig. 6.8 – foto).

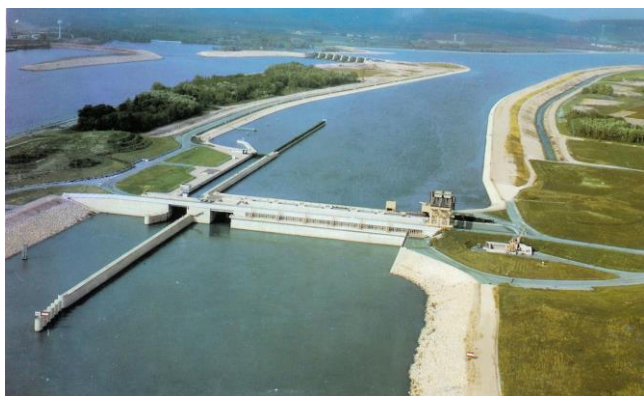


Fig. 6.8 (foto). Lucrările principale ale amenajării Caderousse (antepenultimul bief pe Rhône)

În alte situații, impuse de condițiile naturale ale zonei, uzina – ecluză este implantată lângă baraj sau pe canalul de derivație a cărei origine este imediat amonte de baraj.

Când valea este îngustă (ex. Génissiat), sau când malurile fluviului sunt intens populate sau valorificate, neexistând condiții de execuția unui canal de derivație (exemplu Soyssel și Vaugris), uzina și barajul sunt reunite în aceeași lucrare, implantată în extremitatea aval a biefului amenajat.

Din contră, când valea este largă și cu puține obstacole, soluția adoptată este aceea a uzinei și ecluzei

în derivație. Barajul, de mică înălțime, este situat în partea amonte a biefului amenajat și permite dirijarea în derivație a debitului necesar funcționării uzinei.

Uzina – ecluză este în general implantată în punctul de derivație, conducând astfel la terasamente minime. Nivelul apei în canalul de derivație (de aducțiune) este acela al retenției, iar în canalul de fugă nivelul apei este acela al fluviului în secțiunea de restituție.

În majoritatea cazurilor, amenajarea biefurilor este completată prin dragaje executate în patul râului, aval de această restituție, până la limita retenției amenajării următoare.

Când debitele râului sunt inferioare debitelor de trecut prin uzină, canalul de derivație va transporta numai debitul de salubritate.

În timpul viiturilor, barajul se deschide progresiv și debitele corespunzătoare tranzitează prin canalul de derivație.

6.1.3. TEHNICI, METODE ȘI SOLUȚII ÎN AMENAJAREA RHÔN-ULUI. APORT ECONOMIC

6.1.3.1. Baraje, terasamente, uzine hidroelectrice – U.H.E. – hidroenergia

Programul de echipare hidroenergetică a Rhôn-ului, început în 1937 – cu cea mai mare cădere Génissiat (70 m înălțimea barajului) – s-a terminat pe întregul traseu în 1985.

Cele 20 biefuri în palier ale Rhôn-ului, cuprind: barajul – acumulare, ecluza și uzina hidroelectrică, cu excepția palierului Saint-Claire – Miribel, care nu include hidrocentrala.

Lucrările de terasamente (fig. 6.9), pentru realizarea îndiguirilor, canalelor, închiderilor rapide și batardeourilor, au solicitat în amenajarea Rhôn-ului peste 400 mil. m³ (cu un ritm lunar ce depășea adesea 1 mil. m³), în condiții din cele mai dificile de lucru: pericolul inundațiilor fluviului, materialele de construcție – slabe (mâluri) și obligația de a nu fi perturbat stratul acvifer–freatic folosit de sectorul agricol.

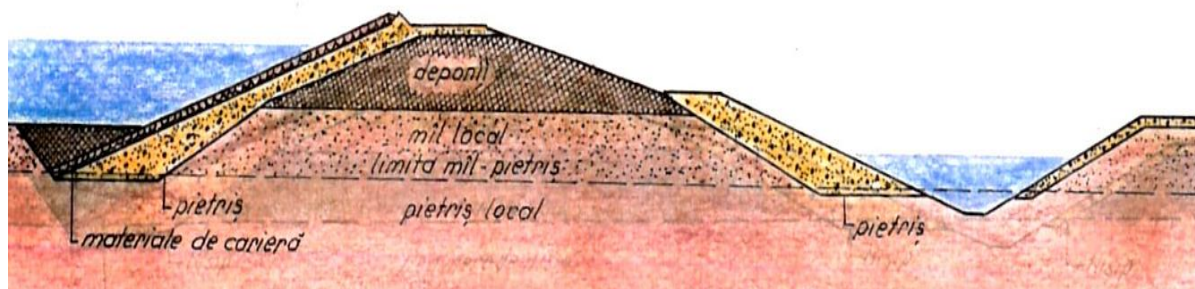


Fig. 6.9. Soluția tip a lucrărilor de terasament (rambleu – debleu) pe Rhône

Toate barajele de pe Rhône sunt prevăzute cu vane mobile (fig. 6.10), a căror secțiune totală permite descărcarea viiturilor celor mai mari ce s-au înregistrat, fără supraînălțarea nivelului apei în retenție. Pentru Rhôn-ul inferior, această viitură s-a estimat la 15.000 m³/s.

Barajele uzinelor hidroelectrice de pe Rhône sunt de mică înălțime ($h_b = 6-26$ m), cu excepția uzinei Génissiat, al cărei baraj (de greutate din beton, la piciorul căreia este instalată uzina – fig. 6.11 – foto), înalt de 70 m delimitează un vast rezervor de apă amplasat în zona montană.

Cu privire la echipamentul uzinelor hidroelectrice (U.H.E.) se pot diferenția următoarele situații – fig. 6.12:

- uzina H.E. Génissiat, cu cea mai mare cădere ($h_b = 70$ m) este echipată cu turbine Francis (6 grupuri turboalternatoare de 65-70 MW);

- uzinele de mică cădere ($h_b = 6$ m : Seyssel, Vaugris); ($h_b = 26$ m: Donzère – Mondragon); ($h_b = 9-12$ m ; cele mai numeroase) sunt echipate în soluții diferite, care se pot grupa în trei mari familii (de uzine) :

- uzinele din **treimea centrală** (între Isère și Ardèche), care sunt echipate cu grupuri verticale cu turbine elice cu palete reglabile (turbine Kaplan). Unele dintre acestea includ, între centrală și ecluză, un descărcător echipat cu vane rapide, cu deschidere automată, pentru caz de incident la uzină sau pe rețea;

- uzinele cu **grupuri bulb reglabil**;

- uzinele cu **grupuri bulb simplificat**.

Debitele turbinate sunt de:

- 1) 700 m³/s în uzinele de pe Rhôn-ul Superior; în aval de Seyssel, uzinele sunt echipate cu 2 grupuri;

- 2) 1.400-1.600 m³/s în uzinele situate între Lyon și Isère, echipate cu 4 grupuri;

- 3) 1.900-2.400 m³/s în uzinele situate aval de Isère, echipate cu 6 grupuri.

- 4) Debitele unitare ale tuturor mașinilor sunt cuprinse între 350 și 400 m³/s.

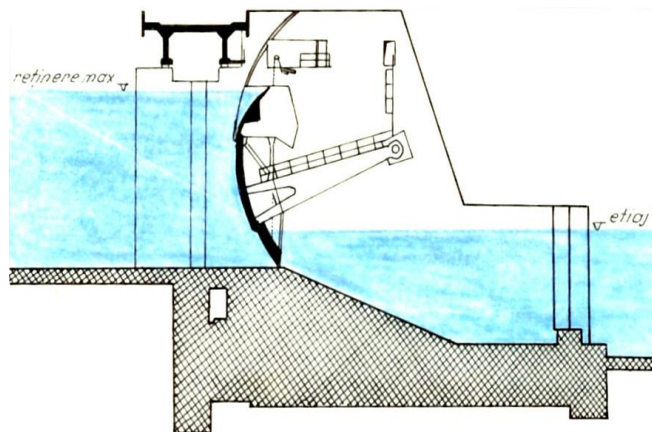


Fig. 6.10. Soluția echipării barajului cu vane (Barajul Avignon)

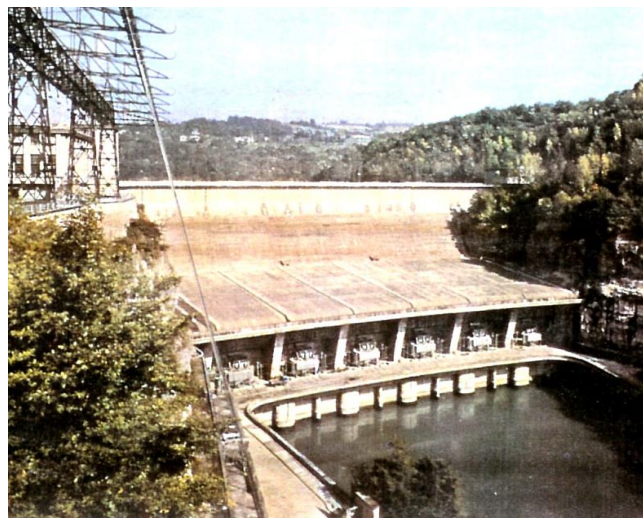


Fig. 6.11. Barajul U.H.E. Génissiat

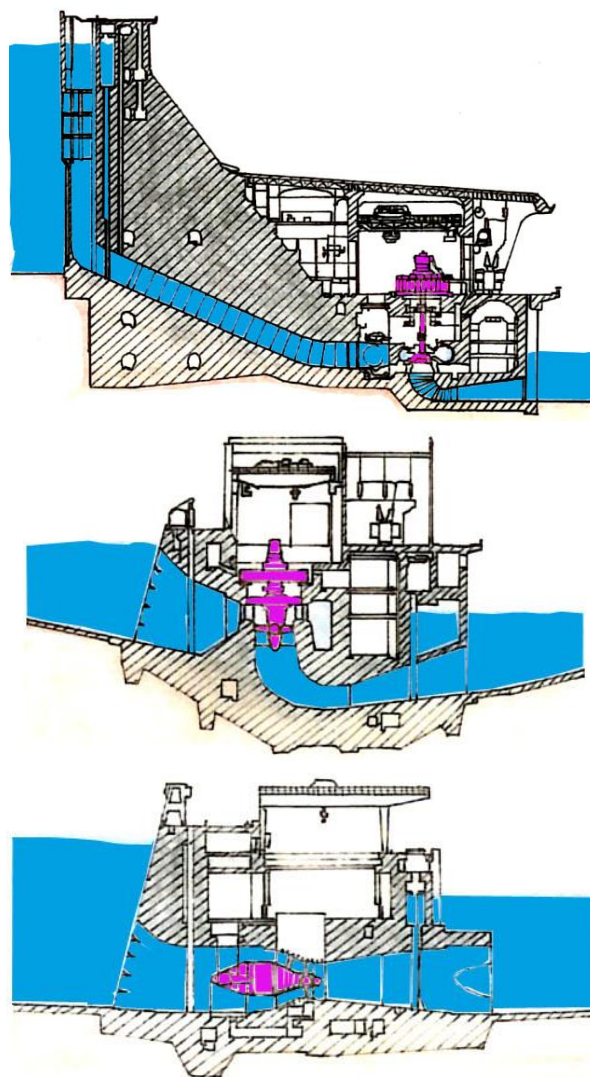


Fig. 6.12. Soluțiile de uzine hidroelectrice de pe Rhône:
1 – uzină de cădere medie echipată cu grupuri verticale (Génissiat); 2 – uzină de cădere mică echipată cu grupuri verticale (Montélimar); 3 – uzină de cădere mică echipată cu grupuri bulb – reglabili (Avignon)

Aceste caracteristici au permis o oarecare normalizare în alegerea grupurilor.

Caracteristicile tehnico-construcitive și de exploatare – productivitate ale amenajărilor de pe Rhône sunt indicate în tabelul nr. 6.1.

Tabelul nr. 6.1.a. Caracteristicile principale ale amenajărilor Rhôn-ului

Amenajările (biefurile-palier)		Produc- tivități (GWh/ an)	Caracteristici nominale (debitul echipamen- tului)		Lungimea amenajării (km)			
			Înălți- mea căderii	Pute- rea MW	Re- tenția	Canal aduc- țiune	Ca- nal fugă	Total
RHONUL SUPERIOR	Génissiat-Seyssel	1820	74,35	440	28,0	-	-	28,0
	Chautagne	455	15,00	90	5,7	5,4	3,3	14,4
	Belley	440	15,05	90	5,0	13,0	1,7	19,7
	Bregnier Cordon	320	11,40	74	11,5	5,0	2,7	19,2
	Sault-Brenaz	250	7,60	40	28,0	1,6	0,4	30,0
	Layettes	275	8,00	47	20,2	5,7	2,3	28,2
	Cusset (E.D.F.)	425	12,20	107	(4,5)*	(15,8)*	(3,0)*	(23,3)*
	Miribel – Saint – Clair	-	-	-	26,0	5,0	1,0	32,0
	Total Rhôn-ul Superior	3965	143,60	888	124,4	35,7	11,4	171,5
RHÔNUL INFERIOR	Pierre-Bénite	525	8,00	80	4,0	-	11,0	15,0
	Vaugris	335	5,70	72	19,0	-	0,5	19,5
	Péage-de Roussilon	880	12,25	168	15,7	9,4	1,9	21,0
	Saint-Valier	700	9,80	120	19,5	3,3	0,7	23,5
	Bourg – lès-Valence	1085	10,10	180	11,1	7,6	2,3	21,0
	Beauchastel	1210	11,40	192	11,1	4,4	2,0	11,5
	Baix-le Logis Neuf	1190	10,10	192	8,8	7,4	1,8	18,0
	Montélimar	1640	16,05	270	8,6	11,7	1,7	22,0
	Donzère-Mondragon	2000	20,70	330	4,0	11,0	11,0	32,0
	Caderousse	860	8,30	180	11,5	2,4	2,1	16,0
	Avignon	935	9,00	180	10,6	4,2	5,2	20,0
	Vallabrègues -Arles	1295	10,50	210	18,0	3,0	57,5	78,5
	Total Rhôn-ul Inferior	12655	131,90	2174	141,9	70,4	97,7	310,0
Total Rhôn-ul Superior și Rhôn-ul Inferior		16620	275,50	3062	266,3	106,1	109,1	481,5

*) Căderea hidroelectrică Cusset este laterală amenajării navigabile Miribel – Saint – Clair, astfel că lungimile amenajărilor și ecluzelor Cusset nu au fost înscrise în total.

Tabelul nr. 6.1.b. Caracteristicile principale ale amenajării Rhôn-ului

Amenajările (biefurile-palier)		Anul punerii în funcțiune c) cădere în construcție; p) cădere în proiect	Terasa- mente (mil.m ³)	Be- toane (mii m ³)	De- bite unita- re (m ³ /s)	Diame- trul rotorilor (m)
RHONUL SUPERIOR	Génissiat-Seyssel	1948-51	1,5	880	117	-
	Chautagne	1980	8,0	100	350	6,40
	Belley	C(1981)	10,0	100	350	6,40
	Bregnier Cordon	C(1981)	8,0	80	350	6,40
	Sault-Brenaz	P(1985)	4,0	70	-	-
	Layettes	P(1984)	9,0	160	-	-
	Cusset (E.D.F.)	1999	-	-	-	-
	Miribel – Saint – Clair	P(după 1980)	8,0	230	-	-
	Total Rhôn-ul Superior	-	48,5	1620	-	-
RHÔNUL INFERIOR	Pierre- Bénite	1966	22,0	350	345	6,10
	Vaugris	1980	9,4	300	350	6,90
	Péage-de Roussillon	1977	29,0	440	400	6,25
	Saint-Valier	1971	18,0	420	400	6,25
	Bourg -lès-Valence	1968	26,0	577	350	7,00
	Beauchastel	1963	15,0	360	350	7,00
	Baix-le LogisNeuf	1960	20,0	420	350	7,00
	Montélimar	1957	30,0	537	330	6,60
	Donzère-Mondragon	1952	52,5	720	300	6,10
	Caderousse	1975	30,5	470	400	6,90
	Avignon	1973	35,0	430	400	6,90
	Vallabrègues-Arles	1970-74	60,0	557	400	6,25
	Total Rhôn-ul Inferior	-	347,4	5581	-	-
	Total Rhôn-ul Superior și Rhôn-ul Inferior		-	395,9	1201	-

De la darea în exploatare a primelor U.H.E. (Génissiat – Seyssel, în 1951 și Donzère – Mondragon, în 1952) a crescut în mod considerabil producția de energie realizată prin amenajările de pe Rhône la 3,1 miliarde KWh (14,6 TWh), cât s-a realizat în 1979 (fig. 6.13).

În anul 1969 amenajările HE de pe Rhône produceau 20% din energia hidroelectrică a Franței, respectiv 6-7% din producția totală de energie.

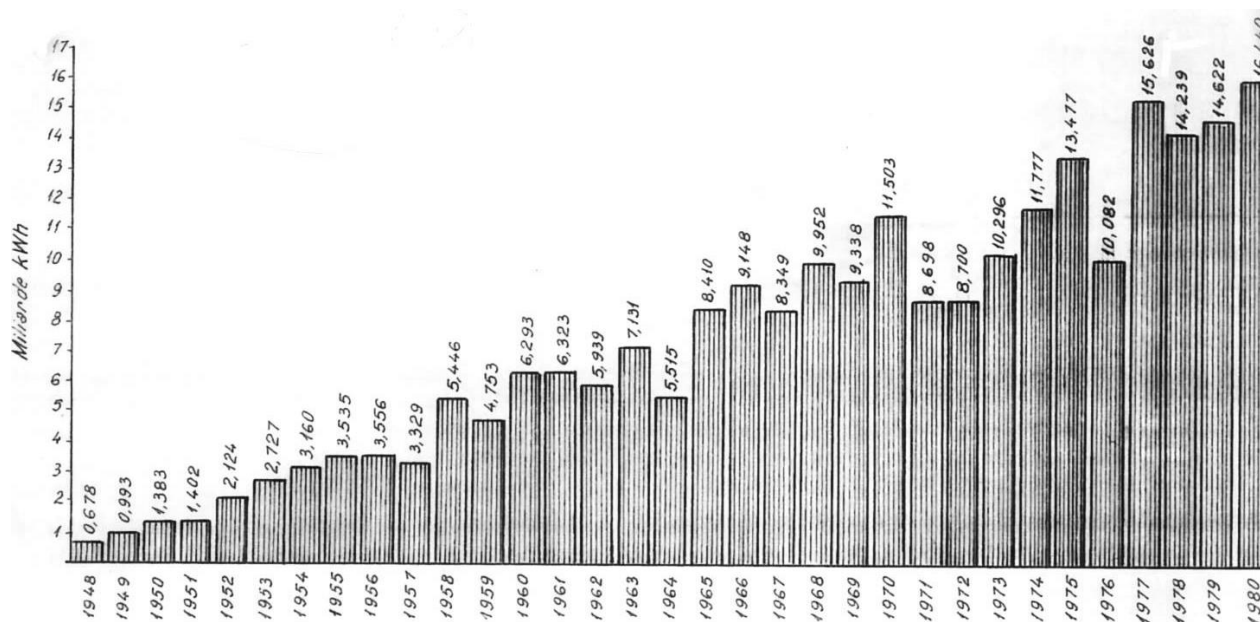


Fig. 6.13. Producția anuală a U.H.E. de pe Rhône (în miliarde kWh)

În anul 1980, 16 centrale de serviciu (C.N.R.), cu putere instalată de 2.600 MW, produceau peste 16 miliarde KWh, ceea ce reprezenta 24% din energia hidrolică a Franței și 7% din totalul energiei electrice a țării.

Aceste hidrocentrale, echipate pentru a funcționa în întregime automatizat (în ecluze), permit de a depăși puterea normală (garantată) cu 35% pentru vârfuri zilnice cu durată de 4 ore și cu 60% pentru intervenții de scurtă durată. Acestea furnizează deci o energie cu valoare modulabilă în funcție de cerințele de consum.

6.1.3.2. Biefarea Rhôn-ului. Caracteristici

În cele ce urmează se vor da câteva informații pentru biefuri reprezentative, ce ar putea servi ca modele pentru specialiștii care vor fi implicați în asemenea amenajări, în țară sau în cooperare.

1° Pentru sectorul Rhôn-ul Superior (fig. 6.14)

– **Bieful Génissiat (1937-1948) – Seyssel (1946-1951)** situat la 50 km aval de Geneva, prezentând particularități favorabile pentru amenajarea unei mari căderi hidraulice, precum și în privința condițiilor geologice de încastrarea barajului (roci calcaroase de bună calitate), s-a putut realiza un baraj de greutate de mare înălțime ($h_t = 104$ m; $L_b = 100$ m la bază și 140 m la coronament), prin care s-a creat o retenție cu $L_r = 23$ km (până la frontiera cu Elveția) și $V_r = 12$ mil. m^3 .

La piciorul barajului s-a construit uzina hidro-

electrică cu 6 turbine tip Francis cu ax vertical de 65-70 MW, funcționând sub o cădere totală maximă de 69 m și absorbind un debit de 700 m^3/s . Apa este adusă prin 6 conducte forțate cu $D_i = 5,75$ m.

U.H.E. Génissiat produce 1.660 GWh/an mediu.

Pentru evacuarea debitului neturbinat, amenajarea este completată cu doi evacuatori de ape mari (vii-turi):

- unul de suprafață, în malul drept, pentru $Q_{ev} = 2.700$ m^3/s ;
- și al doilea subteran, în malul stâng, pentru $Q_{ev} = 1.300$ m^3/s , acesta evacuează și depozitele de aluviuni acumulate pe albie și la piciorul barajului.

Uzina H.E. Génissiat funcționează prin ecluzare, adică, utilizând pe o înălțime de 5 m variația planului de apă din acumularea sa, ceea ce permite de a scoate în orice perioadă a anului vârfuri de producție zilnică.

Această exploatare are repercusiuni în aval prin perioade de debite importante, în timpul orelor de consum normal și al orelor de vârf și perioade cu debite reduse sau aproape nule, în timpul orelor de consum redus.

Pentru a aplatiza inconvenientele unui astfel de regim de exploatare, C.N.R. a construit în aval de U.H.E. Génissiat, la circa 10 km (amonte de Seyssel), un baraj mobil de compensare ($V_r = 6$ mil. m^3), al cărui nivel este reglabil astfel ca să rețină sau să lase să tranziteze debitele comandate prin ecluzele – vanele Génissiat.

La acest baraj este atașată U.H.E. Seyssel, echipată cu 3 turbine Kaplan de 13.000 KW, funcționând sub o sarcină de 5-9 m; aceasta produce 160 GWh/an mediu.

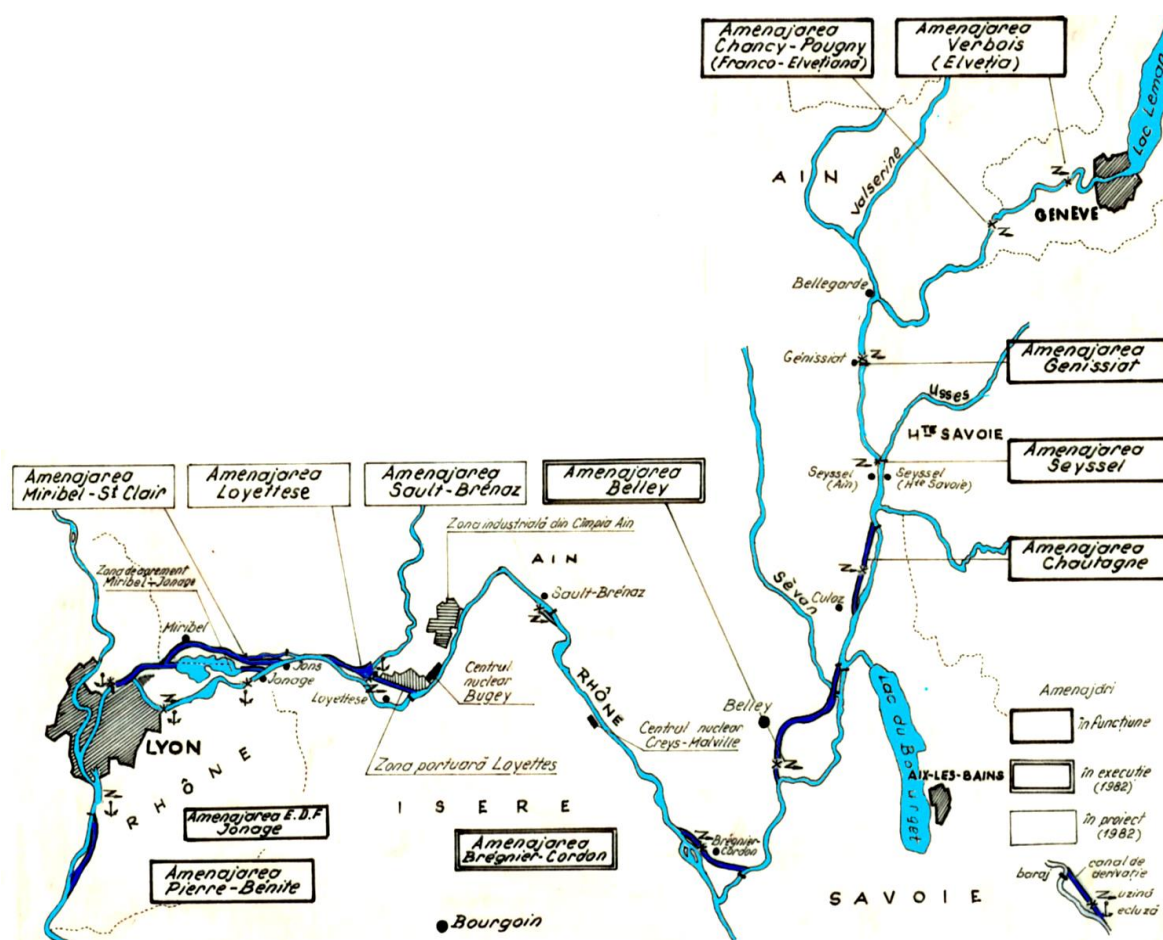


Fig. 6.14. Amenajările hidroelectrice și de navigație pentru Rhôn-ul superior

2° Pentru sectorul Rhôn-ul Inferior (fig. 6.15), se vor prezenta amenajările din două biefuri – palier, specifice prin modul de amplasare (concentrat sau nu) al celor trei genuri de lucrări: baraj – U.H.E. – ecluză (ecluzele vor fi prezentate la punctul „Navigație pe Rhône”).

– **Bieful Vaugris** (1976-1980), ultimul executat pe Rhôn-ul Inferior, făcând legătura între amenajările Pierre Bénite și Péage de Roussillon, este situat într-o câmpie îngustă, mărginită de versanți cu pante mari și aglomerată de căi de comunicație importante și centre populate (de exemplu Vienne).

Aceste condiții au condus la concentrarea celor trei mari obiective – barajul, uzina, ecluza – într-o amenajare unică, implantată în malul stâng (aval de orașul Vienne) și-n patul fluviului (fig. 6.16 – foto).

Barajul cuprinde o descărcare liniară de 126 m, realizată prin 6 treceri de câte 21 m lățime, obturate prin vane segment de 12,8 m înălțime, asemănător barajului Péage de Roussillon situat pe bieful următor din aval (fig. 6.17).

Retenția realizată prin barajul Vaugris se întinde pe 19 km, până la descărcarea canalului de fugă al amenajării din bieful superior – Pierre-Bénite (fig 6.18).

Uzina hidroelectrică este echipată cu 4 grupuri bulb cu ax orizontal, cu o putere unitară de 18 MW; două grupuri sunt reglabile, iar două, din motive de economie, comportă turbine cu distribuitor și pale fixe.

Pe lângă lucrările de bază (baraj – uzină H.E. – ecluză), amenajările din zona palierului Vaugris cuprind și ample măsuri de protecție și drenaj a aglomerațiilor riverane, destinate prevenirii ridicării nivelului freatic și menținerii scurgerii normale a sistemelor de desecare și drenaj din zonă, cu descărcare în fluviu.

Pe ambele maluri s-au executat: 5,6 km drenuri, 2,4 km galerii drenante, 2 km conducte de scurgere, 8 km colector de scurgere a apelor uzate din orașul Vienne. Cu materialul obținut din dragarea șenalului navigabil și din regularizarea albiei, s-a construit pe malul drept, vis-à-vis de Vienne, o platformă de 50 ha, pentru organizarea unei zone portuare și industriale (la Loire – Saint-Romain).

– **Bieful Bourg-lès-Valence** (1965-1968), situat la nordul treimii centrale a Rhôn-ului, Inferior (fig. 6.14), beneficiază și de debitul Iser-ului, important din punct de vedere al efectului energetic. Debitul Iser-ului reprezintă 1/5 din cel al Rhôn-ului, care este de 1.405 m³/s la Valence.

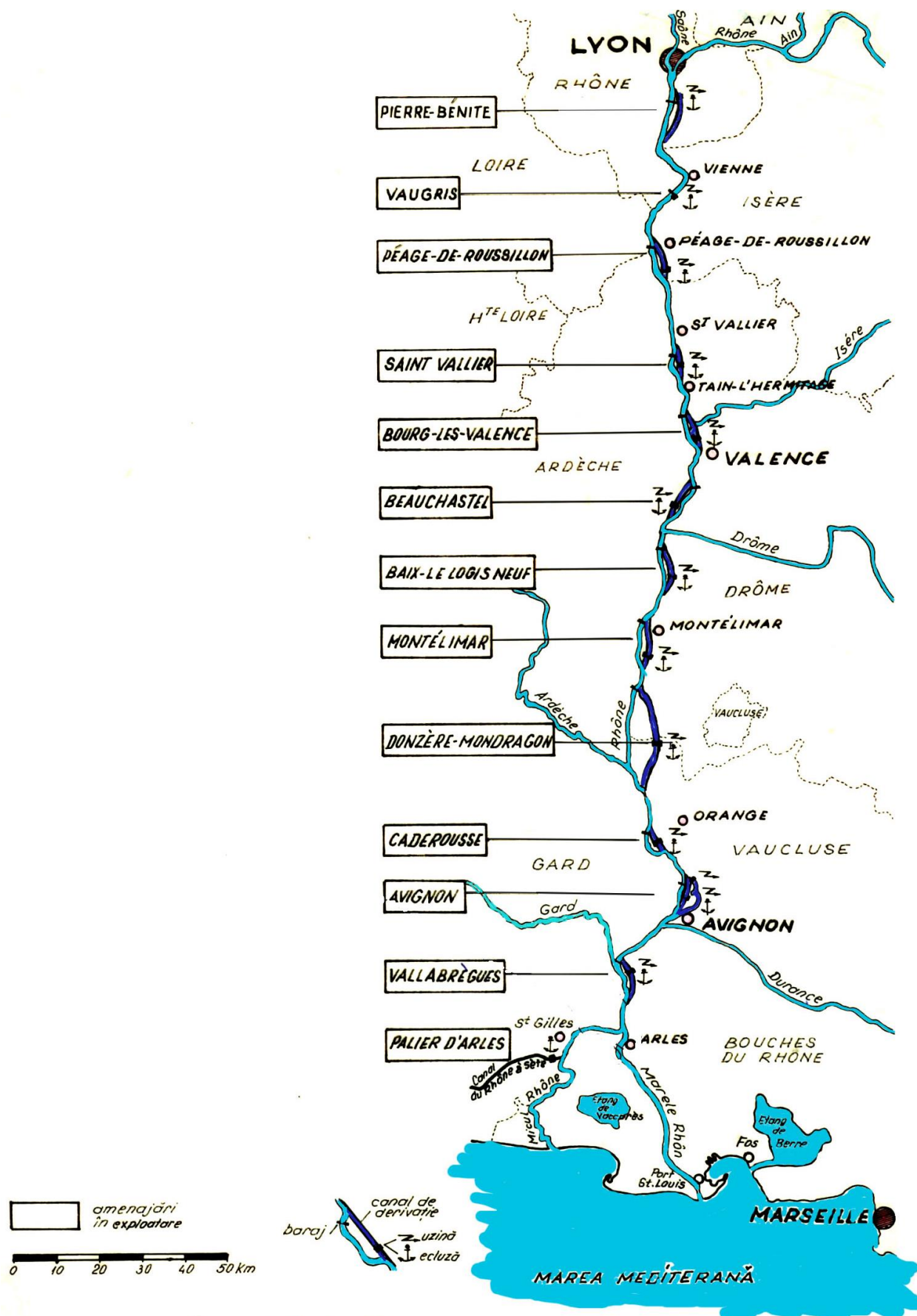


Fig. 6.15. Amenajările hidroelectrice și de navigație pe Rhôn-ul inferior

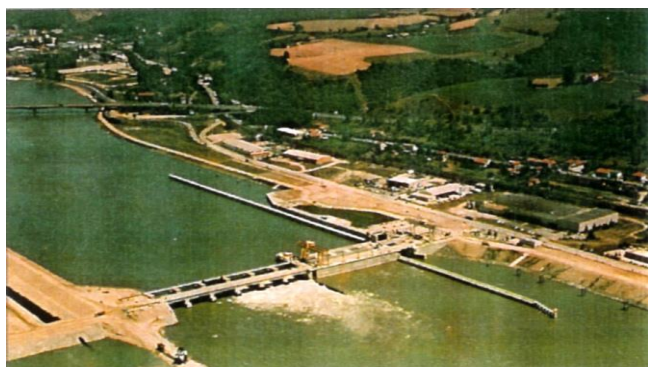


Fig. 6.16 (foto). Vederea generală a ansamblului Vaugris (uzină – baraj – ecluză)

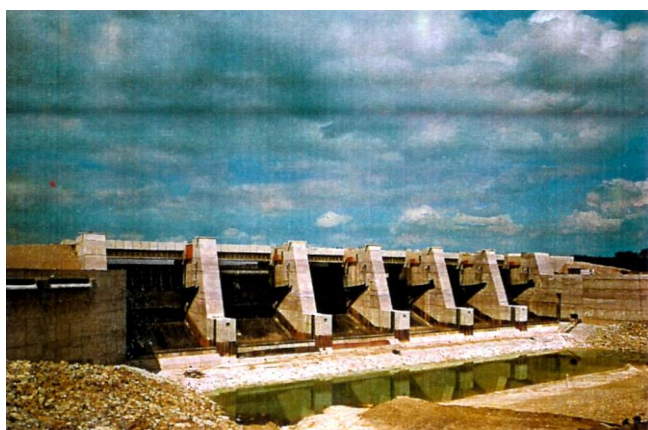


Fig. 6.17 (foto). Vederea barajului Péage de Roussillon, înaintea dării în exploatare (1977); se văd: structura barajului, cele 6 treceri și vanele segment

Amenajarea cuprinde (fig. 6.19):

- barajul de retenție, echipat cu 6 treceri de 22 m, închise prin vane – segment de 11,40 m înălțime;
- canalul de aducțiune navigabil ($L = 7,6$ km), care s-a construit în zona joasă – câmpia din stânga Rhôn-ului și care poate transporta până la $2.100 \text{ m}^3/\text{s}$. Acest canal s-a construit pe 1,5 km pe albia Iser-ului regularizată. Apele mari ale Iser-ului sunt evacuate în brațul mort al Rhôn-ului printr-un descărcător făcut în malul său drept;
- blocul uzină hidroelectrică – ecluză (fig. 6.20), este echipată (U.H.E.) cu 6 grupuri turbo-alternatoare tip Kaplan (fiind ultimele din acest gen instalate pe Rhône, toate amenajările ulterioare au fost echipate cu grupuri bulb);

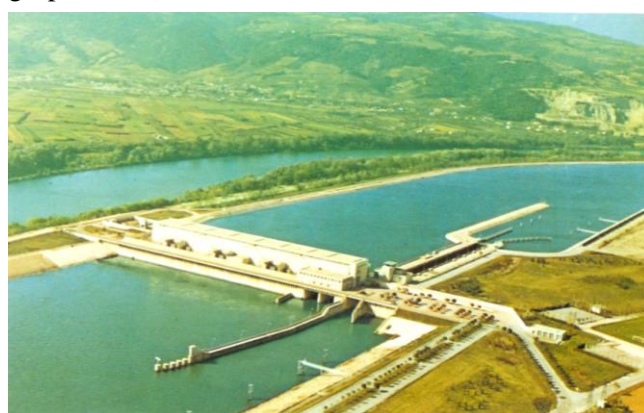


Fig. 6.19 (foto). Uzina – ecluză a amenajării Bourg lès Valence

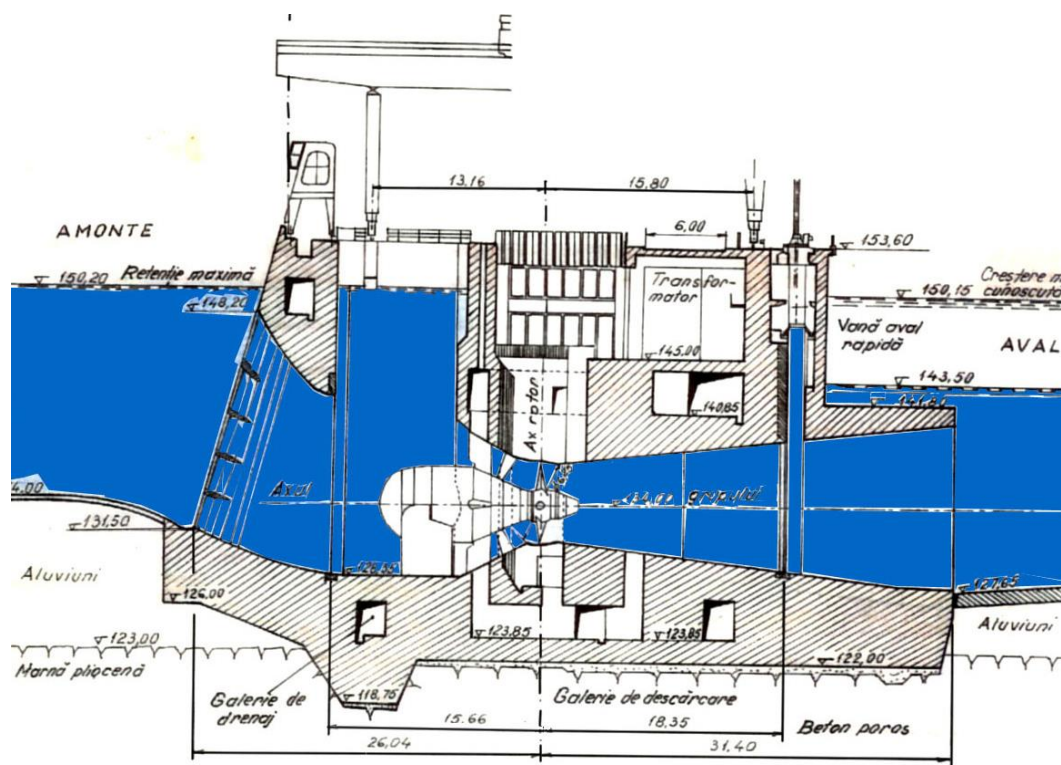


Fig. 6.18. Secțiune prin uzina hidroelectrică Vaugris

- descărcătorul atașat uzinei asigură atenuarea undelor de declanșarea uzinei și evacuarea creșterilor excepționale. Debitul maxim evacuat prin acest uvraj este de $950 \text{ m}^3/\text{s}$; surplusul de debit derivat fiind evacuat prin turbinele create pot funcționa în descărcare;

- canalul de fugă, navigabil ($L = 2,3 \text{ km}$), care descarcă debitul derivat amonte de podul Valence, în retenția barajului Charmes – amenajarea Beauchastel.

– **Bieful Vallabrègues** (1970-1973) și **Palierul Arles** (fig. 6.14).

Amenajarea Vallabrègues echipează cel mai lung tronson al fluviului Rhône Inferior, pe care primește și doi afluenți foarte importanți (Durance și Gard), atingând aici maximum de debit și putere.

Barajul de retenție este realizat diferit de celelalte situații, impus de faptul că prezența numeroaselor aglomerații umane, a terenurilor joase de mare fertilitate și a căilor de comunicații nu permitea realizarea unei mari acumulări ce ar fi adus prejudicii acestor obiective.

Pentru aceasta, barajul a fost prelungit pe cale două maluri, sub formă de diguri continui, pe 18 km lungime, închizând astfel o retenție lată de 400-500 m.

Cu această ocazie s-a realizat, din excedentul de debleu, și o platformă insubmersibilă de 75 ha, care va constitui zona portuară Avignon – Courtine.

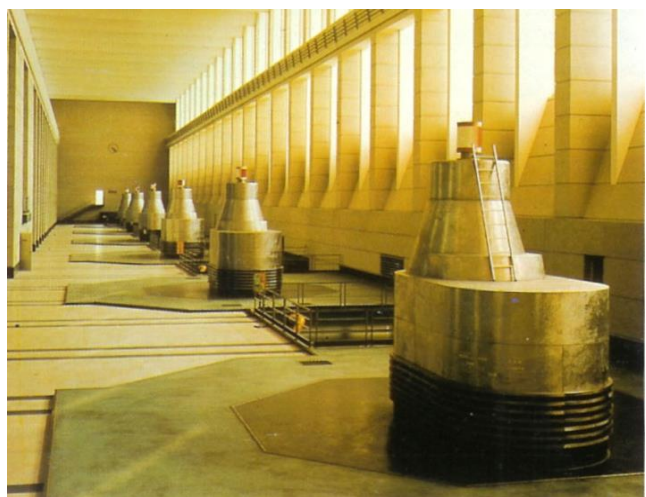


Fig. 6.20 (foto). Barajul și uzina Bourg les Valence

Barajul de retenție cuprinde 8 deschideri de 22 m, echipate cu vane – segment, putând descărca în total debitul de $12.700 \text{ m}^3/\text{s}$:

Canalul de derivație, compus din canalul de aducțiune ($L = 3 \text{ km}$) și cel de fugă ($L = 4 \text{ km}$), deservește uzina – ecluză (fig. 6.21), echipată cu 6 grupuri turboalternatoare cu ax orizontal, tip bulb, cu o putere de 35 MW fiecare.

Sunt atașate: un descărcător cu două deschideri și o ecluză cu o cădere de 16 m.

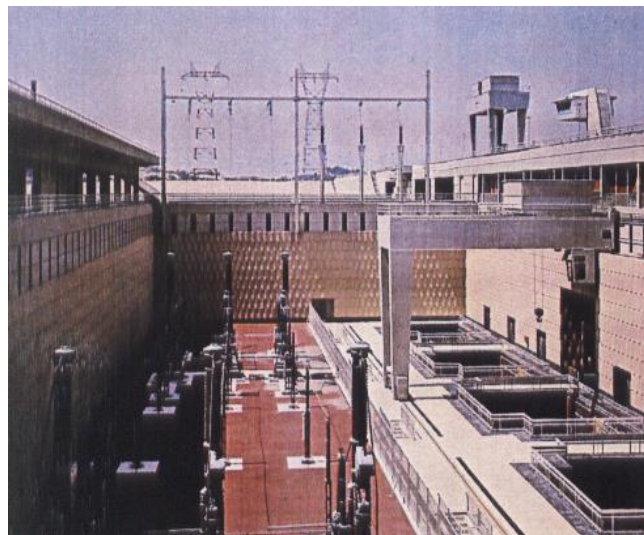


Fig. 6.21 (foto). Uzină sub cerul liber (Vallabrègues)

Amenajarea Vallabrègues permite și protejarea (contra viiturilor), bogatelor câmpii agricole Boulbon și Aramen.

Pe lângă atingerea obiectivelor centrale (energie, navigație și agricultură), amenajarea biefului Vallabrègues asigură și dezvoltarea înfloritoare a turismului, în renumitele peisaje ale Avignon, Villeneuve, Tarascon (fig. 6.22) și Beaucaire.

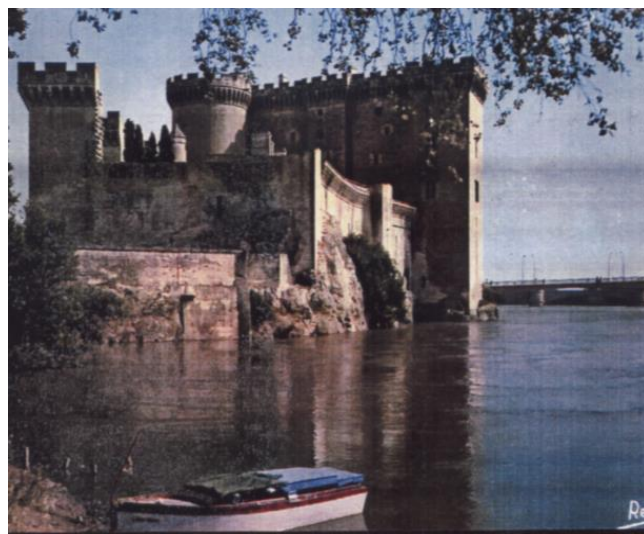


Fig. 6.22 (foto). Tarascon, Rhôn-ul regularizat (1973) și Castelul Roy-René (1400)

6.1.3.3. Ecluze, navigație și canale de legătură

1° Ecluzele

Condițiile de navigabilitatea Rhôn-ului, înainte de amenajare, erau limitate din următoarele cauze: sinuozitatea cursului, adâncimea mică a apei la etiaj, viteza mare a curentului la viituri (peste 3-4 m/s) și razele de curbură mici (sub 400 m) în anumite sectoare. Vasele care navigau în curent liber, înainte de amenajare, nu depășeau tonajul de 500-800 tone, solicitând în schimb motoare supradimensionate, a căror exploatare devenea dificilă și scumpă, fiind rar folosite la capacitatea maximă.

După amenajare și echipare, condițiile de navigabilitate s-au îmbunătățit simțitor prin barajele și ecluzele de mare gabarit, prin creșterea adâncimii de ancoraj la peste 3 m – prin retențiile îndiguite și pe canalele de derivație, prin reducerea vitezei curentului de apă sub 2 m/s, prin crearea unui șenal de minimum 60 m lățime, cu raze de curbură de circa 1.000 m și prin asigurarea unei înălțimi normale de circulație sub poduri de 7 m.

Ecluzele Rhôn-ului (fig. 6.23.a și 6.23.b) având sasul de 192x12 m, permit circulația autonavanelor de 1.500 t și a convoaielor împinse (cu lungime de 180-190 m și lățime de 11,4 m), transportând 3.000-5.000 tone mărfuri, după adâncimea disponibilă a șenalului.



Fig. 6.23 a (foto). Ecluza cu mare gabarit (195 x 12 m)



Fig. 6.23 b (foto). Tabloul de comandă al unei ecluze

Prima ecluză amenajată Donzère – Mondragon a constituit un record mondial la data respectivă (1952), prin căderea de 26 m. Ulterior, prin punerea în funcțiune a biefului aval Caderousse (1972-1975), căderea s-a redus la 23 m.

Această mare înălțime de cădere prezenta riscuri în exploatare – în momentul umplerii sau golirii sasului – prin turbioanele produse în planul de apă, susceptibile de a periclita construcția.

În baza unor studii hidraulice aprofundate, s-a pus la punct un sistem original de alimentare și golire prin fundul sasului, grație căruia umplerea și golirea (sasului) se efectuează cu mare viteză, fără perturbații importante în planul de apă.

Pentru ecluzele construite ulterior, s-a căutat să se reducă pe cât posibil înălțimea de cădere, prin realizarea de lucrări mai economice, fără a se reduce calitatea acestora. A fost posibil pentru acestea (exemplu Avignon, Caderousse, Vaugris) să se asigure alimentarea nu prin fund, ci lateral, printr-un sistem de ape ducte.

2° Navigația

Amenajările de pe Rhône au făcut din acesta o cale navigabilă modernă, care în 1980 asigura un trafic de ordinul a 20 milioane tone pe an, între Lyon și Mediterană, pe 310 km (fig. 6.24).

Specialiștii și forurile de resort franceze consideră că aceste amenajări reprezintă prima etapă a Rhôn-ului, întrucât caracteristicile hidraulice ale acestuia (cu adâncime de ancoraj mai mare de 3 m) permit trecerea la a doua generație de ecluze, mai adânci și mai largi, permițând trecerea convoaielor de 10.000–15.000 tone, respectiv triplarea capacității de transport.

Lucrările necesare în biefuri vor fi de mică importanță, limitându-se în special la dragaje pe circa 17% din lungimea căii navigabile.

Infrastructura axei de navigație a Rhôn-ului a fost completată prin zonele de transbordare, creându-se astfel un sistem portuar modern (fig. 6.25), care permite încărcarea și descărcarea tuturor produselor tranzitate pe fluviu, fie că sunt solide sau lichide, în vrac sau în containere.

Instalațiile portuare oferă beneficiarilor mijloacele adaptate de manipulație, transport, rampe etc.

Zonele portuare create (fig. 6.26) sau în perspectivă sunt în vecinătatea zonelor industriale, a principalelor aglomerații și-n apropierea căilor de apă. Astfel:

- portul industrial Edouard Herriot (realizat în 1937 și extins în 1966) este situat în aval de confluența Rhône–Saône;
- portul Loire – Saint-Romain, la descărcarea bazinului Saint-Etienne;

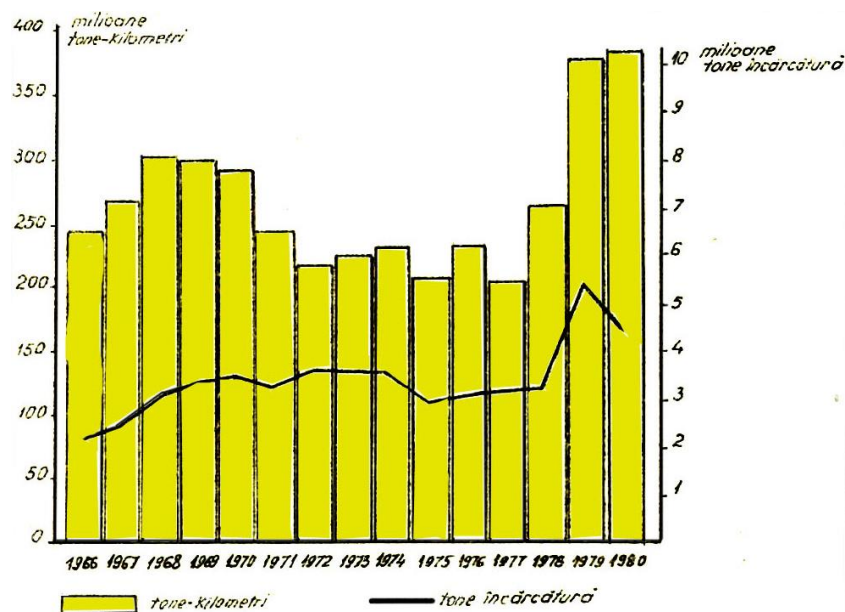


Fig. 6.24. Evoluția traficului naval pe Rhône (în tone – încărcătură și tone – kilometri)

- portul Solaise – Sablons, în apropierea zonei industriale Péage de Roussillon;

- portul Valence, aval de confluența cu Iser-ul, idem: porturile Montélimar, Avignon, Beaucaire et Arles etc.

Zona portuară cuprinde, de exemplu, în cazul portului Edouard Herriot:

- 127,5 teren platformă;
- 41 ha luciu apă;
- 7 locuri chei;
- o completă deservire rutieră și feroviară;

- un port comun (exploatat prin Camera de Comerț din Lyon), care include și instalațiile pentru manevrarea containerelor și sarcinilor grele etc.

Din traficul de 3,8 mil. tone în 1979, pe apă s-au transportat 1 mil. tone, în timp ce pe calea ferată 0,5 mil. tone, pe cale rutieră 0,4 mil. tone și 1,9 mil. tone prin conducte petroliere.

Deși în 1980 pe calea apei, pe Rhône, nu se transportau decât 2-3% din mărfurile care circulau în zonă (Valea Rhôn-ului), în timp ce pe Sena Inferioară sau pe Rhin (între Strasbourg și Bâle) procentajul este de ordinul 30%, datorită marilor avantaje aduse de transportul pe apă în condițiile unei căi moderne, cum este Rhôn-ul regularizat, transportul mărfurilor pe Rhône a început să ia un mare avânt din 1981 (fig. 6.27).



Fig. 6.25. Zonele portuare ale Rhôn-ului

Navigația interioară cu gabarit mare constituie un procedeu foarte avantajos – modern de transport, prin avantajele ce le prezintă: reduce poluarea, prin utilizarea căii de apă, reclamă cheltuieli minime de energie și costuri de exploatare foarte scăzute.

De exemplu, capacitatea de transport a unui singur convoi împins (de 4.000 tone) este echivalentă cu cea a 110 vagoane de 40 tone sau 220 camioane de 20 tone).

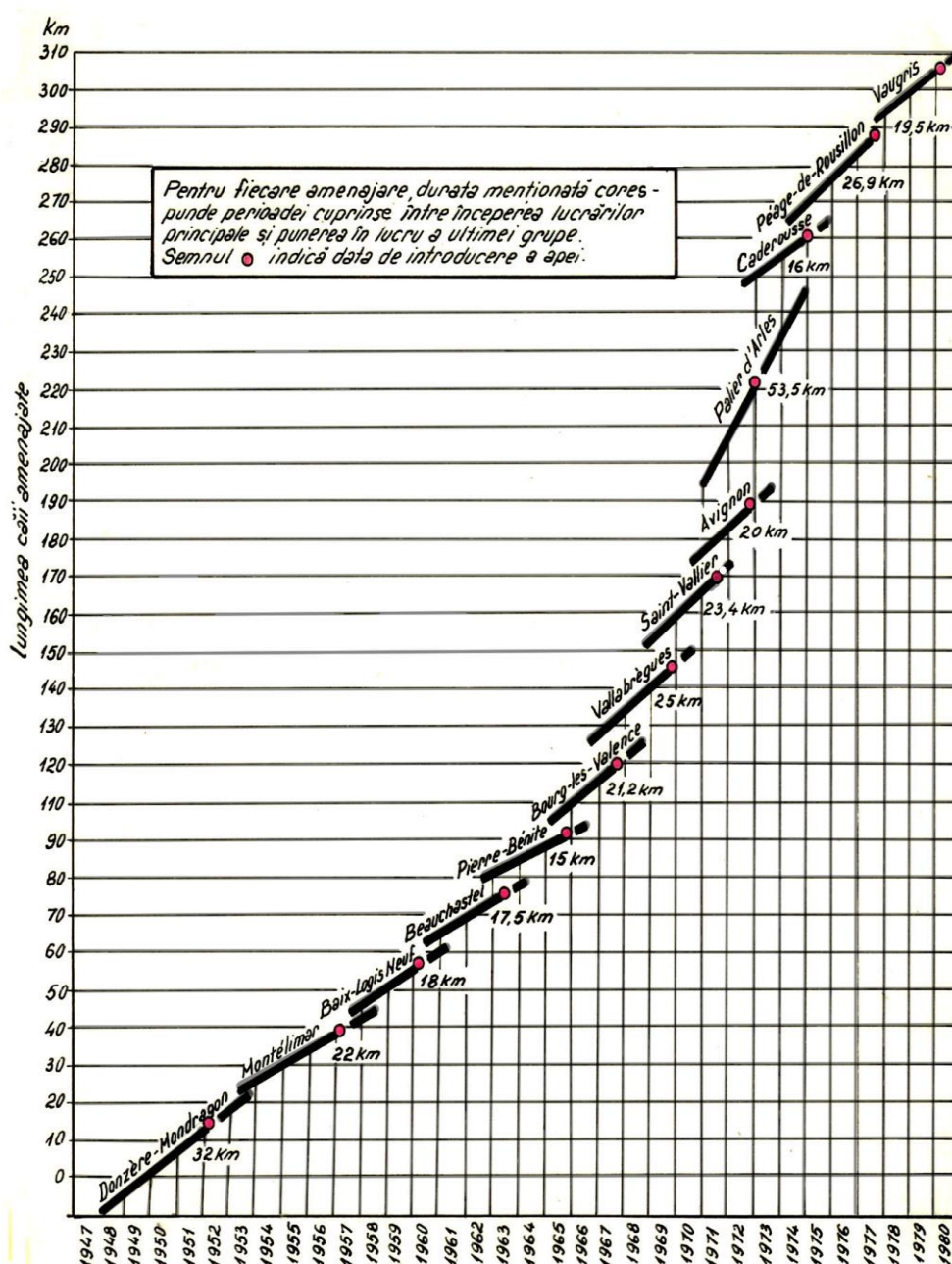


Fig. 6.26. Graficul realizării căii navigabile a Rhôn-ului

3° Canale de legătură ale Rhôn-ului în sistemul național și european

3°1. Legături interioare

Rhôn-ul reprezintă (din 1980) un ansamblu navigabil modern de mare gabarit în sud-estul Franței, însă izolat de alte mari căi navigabile de tipul Seine, Rhin, Meuse, Canal Dunkerque – Valenciennes (v. fig. 6.27).

Rhôn-ul era, înainte de 1980, racordat la rețeaua națională de navigație interioară prin canale cu gabarit mic, spre est, spre sud-vest, spre centru și nord-nord-est. În 1982 se afla în curs de amenajare R. Saône,

pentru realizarea unei legături navale cu gabarit mare între Lyon și Auxerre.

În felul acesta s-a asigurat o axă de navigație modernă, cu mare gabarit, lungă de 500 km, între Marea Mediterană și interiorul Franței, spre nord.

Prin construirea, pe Rhôn-ul Superior – amonte de Lyon, a două ecluze și un baraj se asigură o importantă antenă a acestei axe ($L = 50$ km) ce deservește zona industrială din șesul Ain. Această legătură la calea navigabilă Rhin – Rhône, reprezintă condiția esențială a dezvoltării acestei zone industriale (chimice).

Legătura navigabilă între Lyon și Point de Lag-nieu (fig. 6.28) a comportat 4 biefuri-palier, ultimul Loyettes – fiind realizat cu ocazia amenajării hidroenergetice Loyettes.

Soluțiile biefării – prin baraje, ecluze – uzine hidro-electrice sunt similare Rhôn-ului Inferior: ecluzele au 195×12 m, cu căderi de 5-15,4 metri.

Axa de navigație Saône – Rhône are asigurată legătura cu Marea Mediterană prin porturile Fos (ecluză Port Saint-Louis), care s-a dublat pentru o nouă legătură cu mare gabarit (ecluză Bar-

carin) și Sète (de mică capacitate, dar cu legături prin Rhôn-ul Mic și bieful maritim al canalului de la Rhône la Sète).

3°2. Legătura Rhône – Saône – Rhin și accesul spre Marea Nordului – Marea Neagră și Marea Mediterană¹⁾

Când Rhôn-ul va fi racordat, prin canale cu gabarit mare, la rețeaua europeană, eficacitatea amenajă-

¹⁾ Prin intrarea în funcțiune a Canalului românesc Dunăre – Marea Neagră (port Agigea), acest traseu se scurtează cu aproximativ 400 kilometri.

rilor întreprinse în ultimii 20 de ani va fi mult sporită, iar legăturile ce se vor realiza pe calea apei între Marea Nordului și Marea Mediterană ($L = 1.600$ km) vor oferi noi condiții de dezvoltare și noi posibilități centrului

Europei (fig. 6.29).

Prin reprofilarea și amenajarea pentru navigație a R. Saône, până la Dijon, s-a asigurat o cale de navigație pe 500 km, între Saint-Symphorien și Mediterană,

pentru convoaie de 4.000 tone. Mai la nord, amenajarea Rhin-ului între Bâle și Strasbourg fiind terminată, iar sectorul dintre Strasbourg și Lauterbourg fiind în curs de terminare (Convenția franco-germană din 4 iulie 1969), iar pe sectorul aval Rhin-ul fiind amenajat în curent liber, sunt create toate condițiile pentru realizarea joncțiunii dintre cele două mari fluvii – Rhône și Rhin.

Există deja între cele două mari fluvii o cale navigabilă de 230 km, dar aceasta este de gabarit mic. Legătura respectivă, dintre Rhône și Rhin, este realizată prin R. Saône (Saint-Symphorien) și prin Canalul Alsace – Rhin (Niffer).

Această cale dusă pe văile râurilor Doubs și L'Ille este foarte veche, ultima sa modernizare datează din 1921. Aceasta, pe lângă faptul că nu poate da acces la vase peste 300 tone, comportă și un număr foarte ridicat de ecluze: 112.

Prin legea din 4 ianuarie 1980 C.N.R. a primit sarcina de a realiza legătura navigabilă Saône (Rhône) – Rhin, printr-un canal de mare capacitate, realizat asemănător Rhôn-ului (fig. 6.30 a,b).

Traseul canalului pornește din Rhin la Niffer (cota 230,30), unde se construiește o nouă ecluză și se continuă prin noul bief – palier până la Mulhouse (fig. 6.30 b), de unde urmează canalul modernizat Huningue. Urcă Valea L'Ille, apoi Largue, până la Wolfersdorf și atinge pragul de separarea apelor la Valdieu – Lutran (cota 336,50).

Versantul alsacian, brusc este urcat prin 6 biefuri succesive destul de scurte, dar cu căderi mari.

Distanța parcursă este de 44,4 km, iar diferența de altitudine de 106,20 m.

După bieful de separare (Valdieu – Lutran și Froidefontaine) lung de 12,2 km, calea navigabilă



Fig. 6.27. Poziția Rhôn-ului în contextul căilor navigabile franceze (situația 1980)

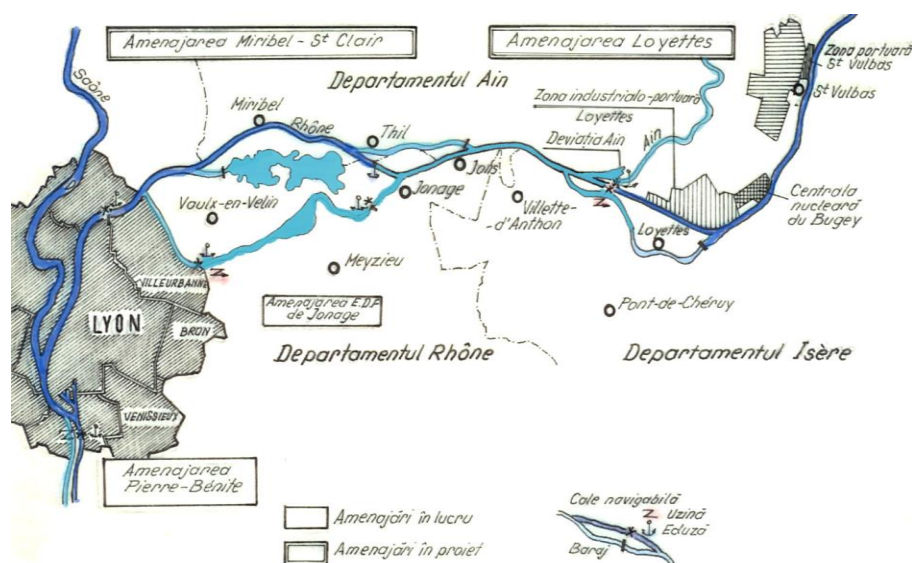


Fig. 6.28. Legătura navigabilă Ain din zona Rhôn-ului Superior

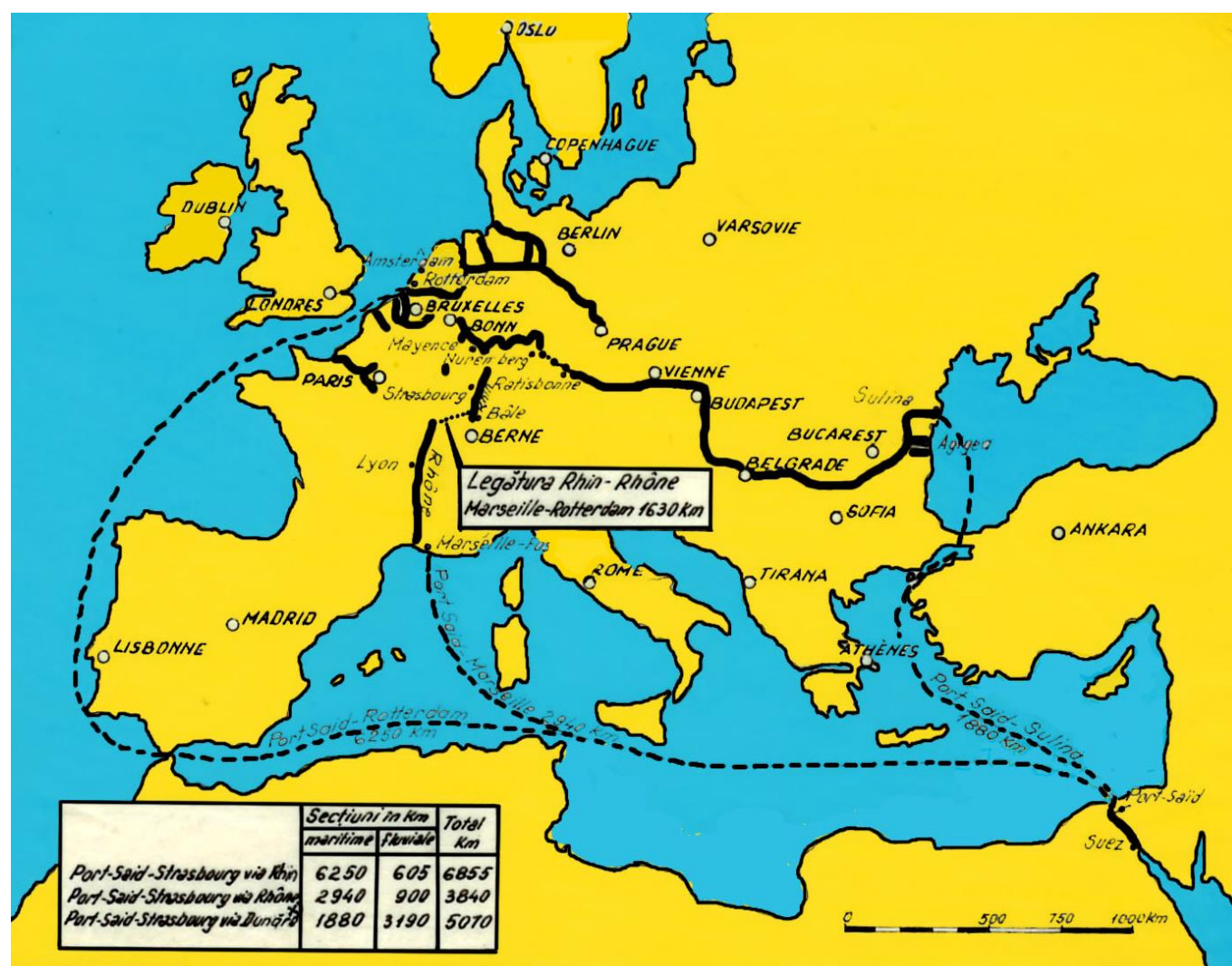


Fig. 6.29. Poziția legăturii navale Rhône – Saône – Rhin în Europa de vest și centrală

coboară prin văile Bourbeuse, Allan și Doubs, printr-o suită de 15 biefuri, a căror lungime totală este de 159,6 km, cu o cădere totală de 143,5 m.

Calea navigabilă traversează și câteva mari și foarte mari aglomerații: Monthéliard, l'Isle-sur-le Doubs, Baume-les-Dames, Besançon și Dole.

Legătura Saône – Rhin include în total (figura 6.30):

- 229 km cale navigabilă, divizată în 23 biefuri, delimitate prin 24 ecluze, permițând o denivelare totală de 263,95 m. Mai mult de jumătate (128,5 km) traseul este înscris printr-un canal artificial;

- lucrări speciale de construcții: 24 ecluze, 15 baraje, 10 stații de pompare, 76 poduri rutiere, 11 poduri feroviare;

- 128,5 m canale artificiale, 10 km pereți subterani, dragaje și derocări în râuri, 2 tranșee adânci și un tunel de 1.100 m lungime (la Besançon).

Cele de mai sus înscris: 2,6 milioane m³ betoane și 74 milioane m³ terasamente.

Execuția a fost programată pe 10-12 ani.

Realizarea acestui obiectiv hidrotehnic are mari implicații, prin impactul pe care îl exercită asupra zonei străbătute:

- în ceea ce privește dinamica și calitatea apelor subterane;
- perturbarea surselor de alimentare cu apă potabilă;
- intersecția diverselor zone economice, turistice de interes arheologic;
- traversarea orașelor și comunelor ș.a., proiectul C.N.R. prevede și măsurile, soluțiile și căile de protecție.

Această nouă și vitală cale navigabilă asigură pe lângă traficul de aproximativ 20 mil. tone / an (8 convoaie pe zi în ambele sensuri) și în dezvoltarea economico-industrială, agricolă și de agrement a unui vast și încântător teritoriu, situat spre frontiera Franței cu Elveția și Germania.

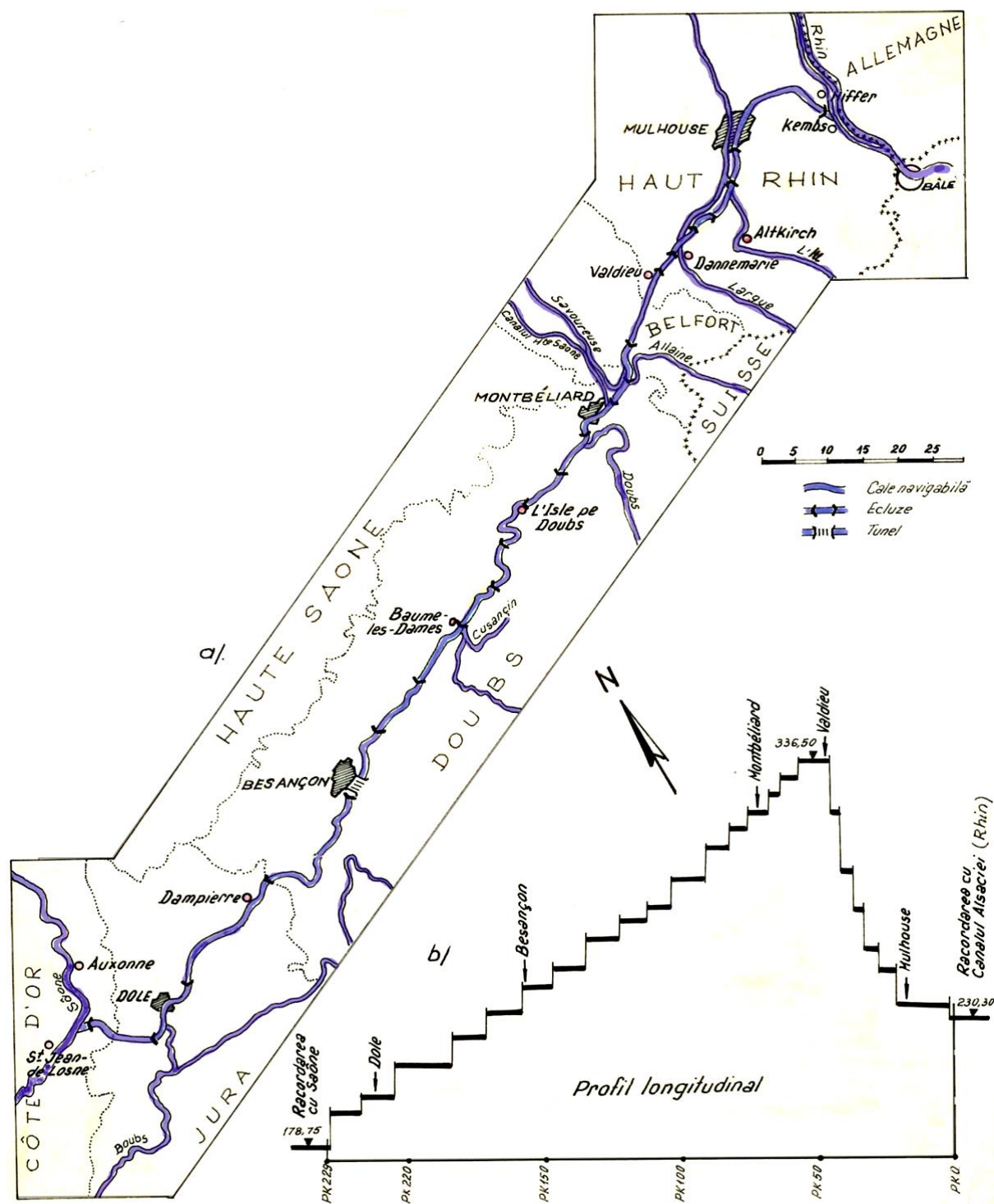


Fig. 6.30. Canalul navigabil de legătură Saône – Rhin: a) traseul plan; b) profil longitudinal pe traseul Saône – Rhin

3°3. Legăturile navale ale Rhôn-ului spre Marea Nordului și Marea Neagră, prin Germania

Prin realizarea arterei navigabile de mare capacitate Rhône – Saône – Rhin, se va putea asigura legătura pe apă între marile bazine ce scaldă coastele Europei de Vest, Centrală și de sud-est: Marea Mediterană – Marea Nordului – Marea Neagră, iar prin intermediul

căilor navale interne (Rhône – Garonne și Rhône – Seine) și cu Oceanul Atlantic (fig. 6.31, fig. 6.28 și 6.29).

Regularizarea, canalizarea și interconexiunea marilor cursuri – fluvii ce străbat zona centrală a Europei (Rhinul, Dunărea, Elba) – fig. 6.31, reprezintă alte exemple de măiestrie a hidrotehnicii mondiale, ce asigură circulația din și în toate direcțiile în Europa

Centrală, de Vest și de sud-est. Soluția Prutului „Marea Baltică – Marea Neagră” analizată de prof. I. Andriescu-Cale, se încadrează perfect în acest complex hidro-tehnic, cu cele 3 componente: navigație, hidroenergie și amenajări hidraulico-agrară.

Aceste importante conexiuni spre bazinele maritime amintite sunt realizate sau în curs de realizare pe teritoriul Germaniei, unde dirijarea tuturor acțiunilor legate de căile navigabile se face prin administrația federală.

Administrarea, amenajarea și construcția noilor căi navale implică obligativitatea respectării cerințelor

de ameliorare a terenurilor și de gestiune a apelor. Aceste obligații sunt înscrise în legea fundamentală a Germaniei.

Rețeaua de căi fluviale cuprinde fluvii regularizate și canalizate ca și canale.

Lungimea acestor căi navale, cu cele suplimentare – în execuție, este considerată suficientă, însă calitatea amenajărilor implică unele completări (cum se arată în raportul ministrului federal de interne). Astfel, amenajarea în scop de navigație a celui mai mare fluviu al Germaniei, Rhin-ul, ridică și importante probleme de protecție contra inundațiilor, precum și în legătură cu

dinamica nivelului apelor subterane. De asemenea, execuția barajelor – ecluză și a canalelor de derivație a condus la eroziuni în albie, aval de acestea, reclamând alte baraje – ecluză (în aval) sau alte măsuri de protecție.

Importante lucrări de amenajare au fost întreprinse în Germania pe Dunăre, pe calea navigabilă Rhin – Main – Dunăre, între Kehlheim și barajul-ecluză Kachlet, amonte de frontiera germano-austriacă. Aceste lucrări, pe tronsoane, au urmărit regularizarea regimului apei cu niveluri coborâte, prin baraje – ecluze. Lucrările începute în 1960 au avut termen de finalizare în 1985.

Canalizarea Sar-ului, începută în 1975, precum și reprofilarea (prin lărgire și adâncire) canalului Mittelland, asigură joncțiunea canalelor din vestul Germaniei cu căile navigabile din centrul țării (Germania).

Construcția canalului lateral al Elbei, importantă legătură deschisă vapoarelor de mare capacitate, leagă Hamburgul, port maritim internațional, cu rețeaua fluvială până la Berlin.



Fig. 6.31. Legătura Rhôn-ului cu rețele de căi fluviale din Germania

Printre căile de acces la porturile maritime germane, se reliefează amenajarea șenalului Jad, cu o adâncime de 18,5 m sub „0”(maritim), pentru petroliere de 250.000 tone.

Amenajarea, prin adâncire la 13,5 m a cursului inferior al Elbei, permite pătrunderea vaselor de 100.000 tone, pentru escală la Hamburg, valorificând marea.

În ultima perioadă s-au mai efectuat amenajări pe căile maritime Ems și Weser.

Lucrări de amenajare se află în curs de execuție pe canalul Marea Nordului – Marea Baltică „Nord-Ostsee-Kanal” (dat în serviciu în 1895), pentru a fi adaptat traficului fluvial și maritim.

Pentru protejarea zonelor joase, ce se întind în lungul coastei Mării Nordului, contra ridicării nivelului apei (maree), au fost construite numeroase diguri la gurile fluviilor, printre care digul Eider se reliefează prin construcția sa.

Legătura Rhin – Dunăre, prin canalul Main – Dunăre, a ridicat în construcție probleme extrem de complexe, atât din punct de vedere tehnic cât și social-economic și de aceea se consideră utilă prezentarea chiar mai sumară a acestora, cu evoluția în timp.

Rhinul și Dunărea, cele mai mari fluvii ale Europei, curgând în sens opus, spre NV (Marea Nordului), respectiv spre SE (Marea Neagră), conexiunea acestora a format obiectul unor vechi preocupări a forurilor de conducere și tehnice din zonă (fig. 6.32).

Preocuparea pentru această problemă datează din vremea lui Carol cel Mare (742-814), care a inițiat în 793 execuția unei porțiuni din această legătură. Acțiunea a eșuat pe considerente tehnice și economice.

Ideea, care n-a fost abandonată, a fost reluată în secolul al XVII-lea, când s-a elaborat un nou proiect sub patronajul celor două metropole interesate și influente – Nurenberg și Viena. Atunci când obstacolele tehnice au fost surmontate, cele de ordin politic au blocat lucrarea.

Un cronicar al timpului scria sugestiv: „la politique mettre dessus – dessous une bonne idée”.

A treia încercare are loc în 1837, când un arhitect,

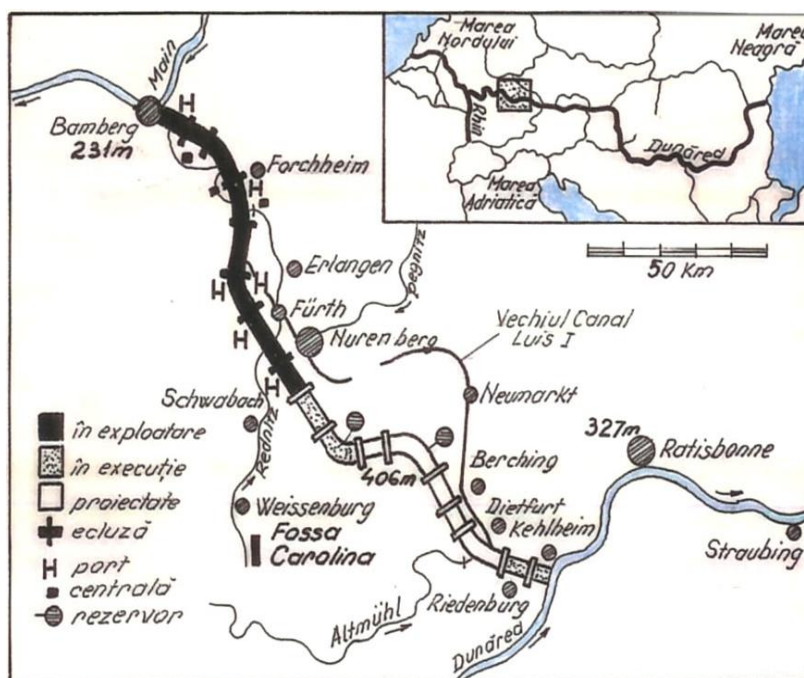


Fig. 6.32. Schema traseului Rhin – Main – Dunăre

din ordinul regelui Bavariei Louis I, și finanțat de bancherul Rotschild de Frankfurt, începe lucrarea cu un efectiv de 9.000 de muncitori. Lucrarea – sub forma, „...unei rigole somnolente pentru promenada de duminică a locuitorilor din Nurenberg ...” cu o lățime de 10 metri și o adâncime de 1,5 este terminată în 1845. Costul de 17 milioane forinți ridiculiza toate planurile de rentabilitate, în soluția unui asemenea canal, prevăzut cu 100 ecluze între Kelheim și Bamberg.

Inventându-se trenul în acea perioadă, ca o „ironie” a istoriei, prima linie ferată germană, executându-se aproape paralel cu traseul canalului, pe ruta Nurenberg – Fürth (fig. 6.33), a contribuit substanțial la blocarea și a celei de a treia inițiative de construire a legăturii Rhin – Dunăre.

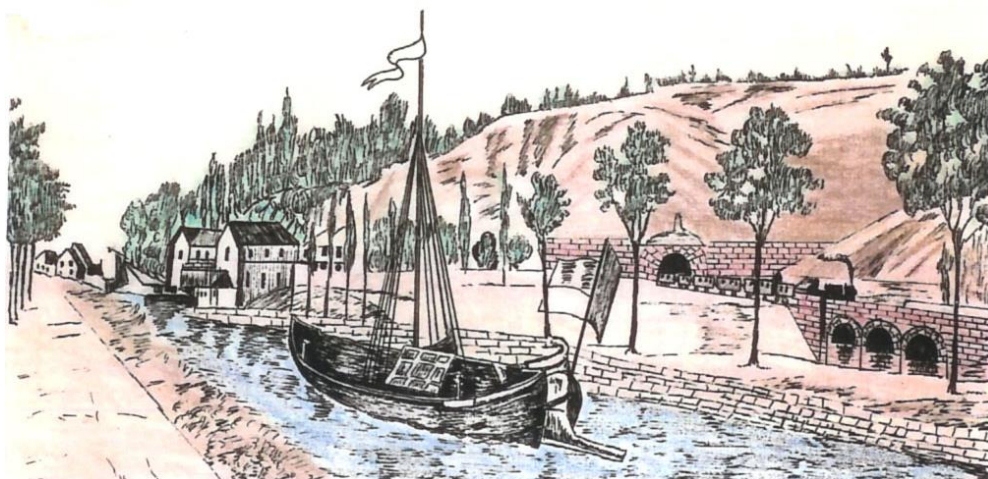


Fig. 6.33. Concurență „calea de apă (canalul Louis I, pe care circulă șalupele) și calea ferată” – gravură din secolul XIX

Gravura arată suficient de sugestiv că soluția unui asemenea canal venea prea târziu pentru această epocă, în timp ce pentru vremea lui Carol cel Mare era prea timpurie. Eforturile de până în 1846 au rămas sub forma unui tronson admirat sub numele de „Fossa Carolina” (fig. 6.33).

Dar cum spunea H.W. Klein¹⁾ „...omorât deja pentru a treia oară, canalul nu a voit totuși să moară...”

A patra oară, în 1921, guvernul bavarez și Germania au pecetluit printr-un acord realizarea acestei importante (arzătoare) lucrări.

Proiectul Rhin – Main – Dunăre, denumit în diversele etape „proiect milenar”, „lucrarea secolului”, „o cale de apă care va traversa Europa de la Marea Nordului la Marea Neagră”, „când Dunărea urcă munții....”, denumiri ce-i subliniază importanța tehnico-economică, dar și dificultățile constructiv-funcționale, reînceput la parametri noi în 1966, avea termen de execuție în 1985, pentru a lega Marea Nordului de Marea Neagră și inclusiv de Marea Mediterană, prin Saône și Rhône.

Ideea motrică a lucrării, pe lângă „autostradă fluvială”, este și aceea a ameliorării și stimulării Landului Bavariei, a zonei de SE a țării, la frontiera cu fosta Cehoslovacie, zonă ce urmează a se dezvolta similar celei din vest.

Acordul de executarea canalului de legătură Rhin – Dunăre din 1921, ca și studiile anterioare asupra sectoarelor de legătură – (care în final au fost adoptate prin intermediul celui mai mare afluent al Rhin-ului, R. Main, unde Dunărea este distanțată cu 130 km) – au stat la baza programului de execuție declanșat în 1966, cu termen de dare în exploatare total în 1985.

O primă soluție viza realizarea canalului de legătură Rhin – Dunăre pe un traseu mult mai scurt, prin lacul Constance, unde se apropie foarte mult începuturile celor două fluvii. Dar adâncimea și lățimea acestora nu puteau servi navigației cu „scurt circuit” și de aceea unirea a fost transferată mai spre est, prin Main, cu toate dificultățile impuse de traversarea muntelui Fränkische Alo.

În 1972 canalul a atins Nurembergul – la partea nordică unde se termină printr-un mare port modern.

Canalul are 52 biefuri și asigură accesul pe o cale navigabilă de 677 km, de la confluența R. Main cu Rhin-ul, aproape de Mainz și până la Passau pe Dunăre (frontiera cu Austria). Cu toate că de la Mainz la Bamberg, R. Main este deja navigabil, în curs natural, totuși pentru a avea acces vasele de navigație de 1.500 tone (clasa IV europeană) s-a impus lărgirea și adâncirea R. Main.

Dacă sectorul Bamberg – Nuremberg, construit deja ($L = 99$ km), nu a ridicat probleme deosebite în execuție, în schimb sectorul Nuremberg – Kehlheim a ridicat în fața hidrotehnicienilor două categorii de probleme extrem de dificile, una mai dificilă decât cealaltă. Este vorba pe de o parte de dificultăți tehnico-constructive impuse de escaladarea (fluviul – canal artificial) a reliefului Jurei franconiene (93,5 m, de ridicat până la creastă – dintre Nuremberg și 67,8 m, coborât până la Kehlheim la nivelul Dunării), iar pe de altă parte este vorba de dificultățile întâmpinate din partea cetățenilor care au deschis 25 procese juridice contra canalului, pe motiv că strică echilibrul ecologic, peisajul turistic, prin faptul că „...va tăia ca o bandă de ciment peisajul”, prin implantarea fâșiei de canal, care are 55 m lățime și 4 m adâncime.

Un alt gen de probleme, ridicate de adversarii canalului, se referă la eficiența economică a acestuia, reieșită din compararea investițiilor foarte ridicate (peste 4 miliarde mărci) și a veniturilor mici, din exploatarea navală, ce nu poate fi atât de intensă.

Pe de altă parte „navigația fluvială germană va fi minată...: marinarii est-europeni etatizați, putând elimina prin tarife dumping transporturile fluviale ale Germaniei”. Acestei probleme i se opun avizele juridice și ale ministerului federal al transporturilor, prin care canalul Rhin – Main – Dunăre va fi o cale de apă strict națională, folosită de toți cei interesați, dar nu gratuit.

6.1.4. PROBLEMA EXPLOATĂRII AMENAJĂRIILOR FLUVIALE ÎN LANȚ, DE PE RHÔNE

Valorificarea complexă a amenajărilor de pe Rhône ar fi condus inevitabil la apariția unor contradicții între folosințele prioritare – hidroenergie, navigație, irigații-deseșări și alte folosințe locale, dacă C.N.R. nu ar fi pus la punct organizarea unei exploatare automatizate a întregului complex și a fiecărui obiectiv în parte (fig. 6.34).

Structura automatizării include două niveluri:

- un nivel local, acela al uzinelor, care dirijează total automatizat și autonom planuri de apă, la nivelurile punctajelor de reglaj și

- un nivel central compus din două posturi de supraveghere hidraulică – P.S.H. – (fig. 6.35), realizate în colaborare cu Departamentul Francez al Energiei – E.D.F.

Acestea au un rolul de a controla permanent comportamentul hidraulic al retențiilor și al afluenților (la viituri), precum și de a prevedea debitele și a le coordona cu programul ecluzelor energetice.

Tot schimbul de informații necesare se realizează prin teletransmisie (prin cablu sau prin radio) între

¹⁾ „Quand le Danube gravit les montagnes” – Revista Scala nr. 2/1979, Frankfurt

P.S.H., uzine și posturile de cercetări hidrologice.

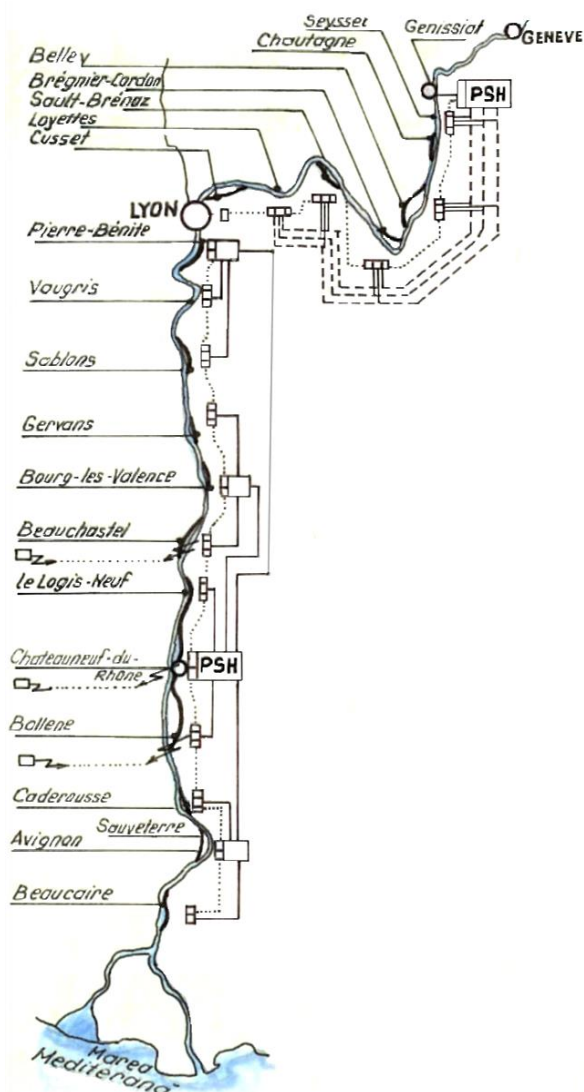


Fig. 6.34. Rețeaua de teletransmisie



Fig. 6.35. Postul de supraveghere hidraulică P.S.H.
Châteauneuf-du-Rhône

În fig. 6.36 se vede un exemplu de diagramă a înregistrărilor debitelor la P.S.H. Châteauneuf-du-

Rhône, din ziua de 7 noiembrie 1981.

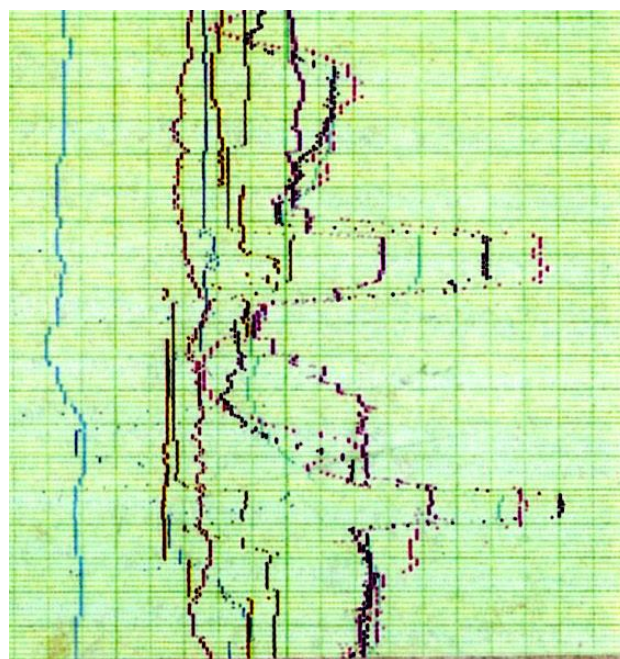


Fig. 6.36. Înregistrarea debitelor la P.S.H.

Singurul personal de exploatare de la amenajările din Valea Rhôn-ului – agenții permanenți – se află în P.S.H.

În toate uzinele se află pus la punct un sistem de dirijare – conducere automatizată a tuturor echipamentelor (grupuri, vane), în vederea regularizării nivelurilor de apă și optimizării producției. Aceste sisteme total automatizate funcționează fără supravegherea agenților, neexistând personal în acest scop.

Sistemul de automatizare include:

- un nivel centralizat, organizat pe baza unui calculator industrial, care efectuează operațiile necesare și emite comenzile în timp util;
- un nivel descentralizat, automatizat clasic pentru protecție și reglare;
- un nivel extern, constituit pentru diverse protecții de siguranță, independent de cele ale sistemului centralizat.

Cele trei obiective fundamentale ale amenajării râului Rhône – hidroenergetic (1), navigație (2) și irigații-drenaje (3), au necesitat lucrări considerabile și pe plan mai general de ameliorare a întregului spațiu, prin restructurări de folosințe și comasări, reinstalații și exproprieri, irigații, asanări, valorificarea produselor agricole și piețe de desfacere, energia necesară, protecție contra viiturilor, reglarea și stabilizarea nivelurilor apelor freatice, echipamente pentru lucrările hidroameliorative ș.a.

Valea Rhôn-ului, prin climatul și solurile extrem de fertile, are un rol economic important pentru dezvoltarea zonei, ca și pentru țară, suprafața respectivă afectând circa 200.000 ha.

6.1.5. AMENAJĂRI HIDRAULICO-AGRARE ÎN VALEA RHÔN-ULUI

Amenajările hidrotehnice realizate în scop energetic și de navigație, prin amplasament și extindere, au scos din circuit importante suprafețe agricole. În scopul remedierii acestei daune, prin care s-ar fi redus potențialul agricol al văii, ca și pentru a se utiliza posibilitățile de irigații create prin amenajarea fluviului, s-a elaborat (1962), de către C.N.R. (Compania Națională a Rhôn-ului), în colaborare cu serviciile de resort din Ministerul Agriculturii, un studiu general de „probleme agricole” și de mijloace.

Prevederile din studiu nu au numai rolul de a compensa daunele aduse patrimoniului agricol, prin exproprierile necesare realizării lucrărilor, ci și rolul de a valorifica în ansamblu întregul spațiu din Valea Rhôn-ului.

S-a realizat un veritabil plan cadru de politică globală a dezvoltării agriculturii în Valea Rhôn-ului, cunoscut sub denumirea de „Convenție agricolă”, fundamentat pe reglementări și prescripții legale (1962).

Au fost înscrise astfel, pentru fiecare bief-palier din sectorul Rhôn-ului Inferior, de la Lyon până la Marea Mediterană, lucrările de amenajare necesare, ca și modalitățile de finanțare din partea Ministerului Agriculturii, instituțiilor publice (ca SAFER – Societate de Amenajare Funciară și de Echipament Rural) și în special C.N.R., care acoperă în totalitate cheltuielile cu lucrările hidraulice (irigații, asanări și pentru comasări – restructurări), consecințe ale amenajărilor hidrotehnice pentru energie și navigație.

Acestea sunt lucrările din prima urgență, la care C.N.R.-ul contribuie cu circa 90%.

Pe de altă parte C.N.R.-ul contribuie cu 10-50% și la realizarea amenajărilor din a doua urgență, finanțate de stat (pentru punerea în valoare a terenurilor agricole – prin măsuri hidraulice, comerciale, de prelucrare a produselor agricole, de comasare, în general).

Pentru fiecare zonă afectată biefului – palier s-a întocmit Caietul de sarcini, incluzând ansamblul măsurilor (fig. 6.37).

Intervențiile în domeniul agriculturii au inclus pentru C.N.R.:

- operațiile de comasare având ca scop facilitarea reinstalării sau preschimbării agricultorilor expropriați;

- lucrările hidraulico-agrar – irigații și drenaje;
- acțiuni în favoarea industriei agricole;
- furnizarea de energie pentru agricultură;
- studii diverse pentru ameliorarea potențialului agricol al Văii Rhin-ului.

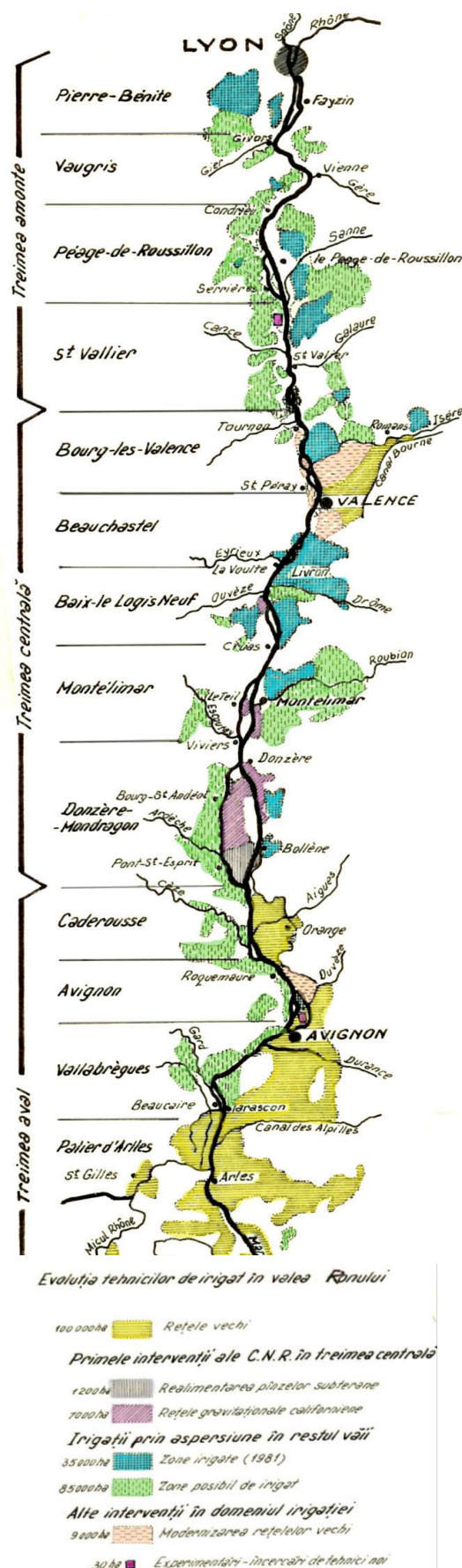


Fig. 6.37. Zonele agricole de amenajare din sectorul Rhôn-ului Inferior

1° Sistematizarea – comasarea

Multitudinea parcelelor cu planuri extrem de diverse de cultură nu avea rolul de a asigura o agricultură modernă și prosperă.

Crearea noilor infrastructuri de interes colectiv (drumuri, autostrăzi, canalizări de râuri, gazoducte, conducte de petrol etc.), adăugate obstacolelor rezultate prin construcțiile hidroenergetice și de navigație, care în numeroase cazuri divizau aceste terenuri, ce impuneau poduri de acces și alte asemenea măsuri, au avut rolul de a impune comasarea parcelelor, cu schimbarea adesea a folosințelor.

Legislația din 1962 (art. 10 din Legea din 8 august, ce o completa pe cea din aprilie) înscrisă, prin cele două decrete, obligațiile beneficiarilor marilor lucrări de interes public, care exproprieau sau aduceau prejudicii exploatărilor agricole respective, de a remedia, prin participare financiară, la executarea operațiilor de comasare, schimburi de terenuri și lucrări conexe.

Restructurările realizate (tabelul nr. 6.2), pe lângă avantajele scontate într-o agricultură pe suprafețe mai mari, au avut și rolul de a diminua cheltuielile de construcții – montaj și exploatare cu rețelele de irigații, asanare, cu drumurile de acces ș.a., iar prețul de revenire al produselor a fost diminuat cu 10-15%, prin comasare.

Demarată cu atenție și lent, acțiunea de comasare s-a desfășurat la scară generală și cu efecte extrem de favorabile.

În toate situațiile, pe toate zonele biefurilor – palier, lucrările de irigații precedând acțiunile de comasare, le-a scăzut substanțial costul (comasărilor).

Suprafața afectată de lucrările Rhôn-ului Inferior, pe care s-au realizat lucrările de sistematizare și comasare, se ridică la 200.000 ha (în valea Rhôn-ului).

Amenajările pentru agricultură au fost completate de alte genuri de lucrări reclamate de necesitățile zonei, ridicată la un înalt standard: rețele de transport de toate naturile (drumuri și autostrăzi, căi ferate și de navigație, aeroporturi), echipamente energetice variate (hidraulice, termice, nucleare), extinderea aglomerațiilor, instalații industriale.

Ca exemplu de sistematizare și comasare se dă palierul 8 aval de Lyon „Donzère – Mondragon” realizat în 1947-1952 (fig. 6.23 și 6.37).

Construirea marelui canal de navigație și H.E. Donzère – Mondragon a comportat împărțirea în două a terenurilor agricole de bună calitate, pe o lungime de 28 km, divizând astfel un mare număr de proprietari a căror exploatare devenea practic imposibilă, legătura între cele două maluri neputându-se face după dorința beneficiarilor, cu toate că în acest scop au fost construite 13 poduri.

Tabelul nr. 6.2. Sistematizare – comasare – situația la sfârșitul anului 1980

Bieful – palier amenajat	Suprafața interesată (ha)	Numărul de proprietari	Numărul de parcele		Numărul drumurilor	Cheltuieli total cu lucrări (în MF)	Participare CNR (în MF)
			Înainte	După			
Pierre Bénite și Vaugris (0)	-	-	-	-	-	-	-
Péage de Roussillon (2)	3275	1221	10076	3655	101	4,60	3,65
Saint-Valier (1)	500	230	600	260	7	2,63	2,63
Bourg lès Valence (6)	8843	2220	17869	5448	64	10,89	4,76
Beauchastel (9)	12811	3489	20008	7035	252	34,39	8,98
Baix Logis Neuf (11)	8180	2291	28077	5795	215	42,62	11,47
Montélimar (9)	9954	2670	13998	4799	30	30,90	30,90
Donzère Mondragon (6)	10127	1659	15878	4951	211	25,46	18,89
Caderouse și Avignon (0)	-	-	-	-	-	-	-
Vallabrègues-Arles (1)	120	242	598	222	7	0,80	0,80
TOTAL (44 operații)	53810	14028	107054	32165	887	152,29	82,08

Singura soluție a fost resistemizarea și comasarea proprietăților pe de o parte și alta a canalului. Caietul de sarcini al biefului a inclus și aceste operații pe 9.500 ha care au fost rezolvate de către C.N.R., într-un singur departament (Drôme). Lucrările, care afectau aproape 1.000 de proprietari, au permis să se reducă prin resistemizare – comasare numărul parcelelor de la 8.700 la 1.700 și să se construiască și 120 km drumuri.

Obstacolele de ordin psihologic, sociologic și uman au fost depășite cu mare atenție prin lucrările și dotările realizate de C.N.R.

În fig. 6.38. se vede o sistematizare – comasare a teritoriului, precum și căile de comunicație situate de ambele maluri ale canalului, în bieful 5 aval Lyon (Bourg-lès-Valence).

2° Irigațiile

Prezintă o importanță deosebită pentru agricultura din Valea Rhôn-ului prin faptul că:

- asigură o producție constantă;
- sporesc veniturile agricultorilor, datorită diminuării prețurilor de revenire și creșterea producției;



Fig. 6.38. Sistematizarea teritoriului în bieful Bourg-lès-Valence

- facilitează exportul produselor agricole, a căror calitate este ameliorată (prin irigații);
- permite o adaptare mai suplă a agriculturii la vicisitudinile pieței.

Amenajările de irigații colective, realizate prin organizații diverse (asociații sindicale, syndicate departamentale ș.a.), sub controlul serviciilor Ministerului Agriculturii, valorifică sursele de apă de suprafață, iar tehnica folosită este aspersiunea în primul rând.

Irigația de tip „californian” (prin conducte subterane și cu distribuția prin guri prevăzute cu vane, apa ieșind cu presiune mică), irigarea prin scurgere la suprafață, pe brazde, ca și picurarea ocupă suprafețe restrânse.

Picurarea (goutte à goutte), care permite limitarea consumului de apă și energie, se află mai mult în stadiul experimental prin CTGREF d’Aix-en-Provence.

Rețelele individuale de irigații exploatează în-deosebi apa ridicată prin pânzele freatice.

Amenajările de irigații, ca și celelalte genuri de lucrări hidrotehnice și de sistematizare, sunt organic legate de bieful – palier pe care-l limitează; în graficul din fig. 6.39 se evidențiază aceasta.

O estimare largă conduce la cifra de 130.000 ha amenajările de irigații din Valea Rhôn-ului și a cursurilor inferioare a afluenților acestuia. În 1981 erau echipate prin C.N.R. – 34.000 ha (122 MF curenți sau 283 MF – valoare 1980).

Irigațiile s-au extins pe două direcții:

- prin restructurarea și modernizarea vechilor rețele;
- prin realizarea unor lucrări noi legate de construirea canalelor de navigație și HE de comasarea terenurilor și de noua reorganizare a întregului teritoriu prin C.N.R.

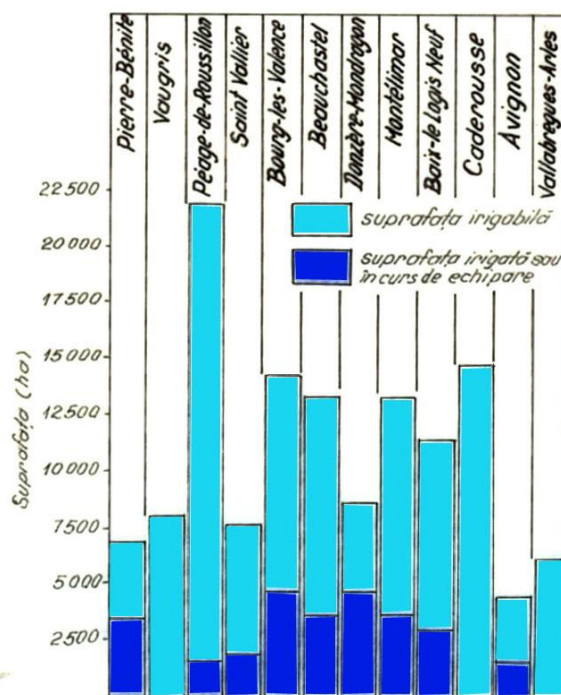


Fig. 6.39. Irigațiile în Valea Rhôn-ului (aferente biefurilor – palier)

Este de reținut faptul că marile amenajări hidrotehnice din biefurile – palier au condus în majoritatea cazurilor la modificări substanțiale asupra condițiilor hidrogeologice:

- fie la ridicarea nivelului freatic în perimetrul aflat sub influența acumulărilor și canalelor de aducțiune (la HE și ecluze);
- fie la coborârea nivelului freatic în terenurile situate de-a lungul canalelor de fugă.

Dacă prima situație (a) nu ridică probleme deosebite, canalele drenante putând regla dinamica apelor freatice și a infiltrațiilor, situația a doua (b), aducând prejudicii agriculturii prin coborârea nivelului freatic

(de ex. pe 10 km lungime a fâșiei de teren ce limitează canalul de fugă al biefului Donzère – Mondragon), a impus intervenții energetice pentru remediere. Astfel C.N.R. a efectuat peste 230 foraje, în care a injectat apă, în debit de circa $10 \text{ m}^3/\text{s}$, pentru reîmbogățirea și ridicarea nivelului freatic.

În urma ivirii unor asemenea situații, proiectantul și executantul general al amenajărilor de navigație și hidroenergie – C.N.R. – a comasat, într-un singur proiect complex și într-o singură schemă organizatorică de execuție, cele trei obiective: hidroenergetice, de navigație și de irigații – asanări pe biefulurile – palier.

Ca urmare a rezolvării în complex a celor trei categorii de amenajări (hidroenergetice, navigație și irigații – asanări), echipamentele și amenajările hidro-agricole au beneficiat de avantajul extrem de mare de a preleva gratuit apa din Rhône – $175 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru irigații (din care $100 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru Valea Rhôn-ului propriu-zisă și $75 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru perimetrul Bas-Rhône – Languedoc).

La acest avantaj se mai adaugă și acela, grație barajelor de retenție, de a menține ridicat nivelul apei în biefulurile – palier, independent de debitele scurse pe fluviu și deci de a se asigura cote ridicate ale apei pentru irigații. Posibilitatea de a preleva din Rhône un debit de $175 \text{ m}^3/\text{s}$ asigură irigarea unei suprafețe de 350.000 ha.

3° Lucrări de protecție a terenurilor

Pentru ameliorarea condițiilor hidraulice ale terenurilor din Valea Rhôn-ului au fost necesare și măsuri de asanare sau de recalibrare a albiilor emisarilor, de amenajare a râurilor ce străbat valea, de regularizare a scurgerilor pe versanții limitrofi și de protejare a terenurilor agricole contra inundațiilor.

Asanările, mai puțin utile în zona Văii Rhôn-ului, s-au executat – unde a fost cazul, sub formă de canale și chiar sub formă de drenaj (exemplu în mlaștinile Gard); au fost echipate cu asemenea amenajări circa 67.000 ha (1981).

Îndiguirile construite în lungul Rhôn-ului, pentru realizarea amenajărilor energetice de navigație, protejează totodată importante suprafețe agricole. Pe biefulurile – palier aval de Lyon suprafețele inundabile se estimau la 42.320 ha; prin îndiguiri au fost protejate total–13.470, parțial 27.750 ha, iar 1.130 ha au rămas în situația inițială (tabelul nr. 6.3).

Terenurile protejate parțial (x) beneficiază de amenajări importante care au condus la:

- reducerea frecvenței inundațiilor, de la o dată pe an, la o dată la 10–15 ani;
- reducerea duratei inundației, prin asigurarea unor evacuări rapide;
- inundarea prin aval, mai puțin periculoasă decât submersiunea prin amonte, care antrenează stratul fertil de sol și depune nisip steril.

Tabelul nr. 6.3. Protejarea terenurilor agricole limitrofe biefulurilor – palier din Rhôn-ul Inferior

Bieful – palier	Suprafața inundabilă înainte de amenajare (ha)	Suprafața protejată prin amenajare		Suprafața a cărei situație rămâne neschimbată (ha)
		Total (ha)	Parțial (ha) ^{x)}	
Pierre Bénite	1250	800	450	-
Vaugris	1100	240	260	600
Péage-de-Roussillon	2400	700	1500	200
Saint-Vallier	700	350	220	130
Bourg-lès-Valence	1250	850	400	-
Leauchastel	1900	580	1320	-
Baix-le-Logis Neuf	2150	800	1350	-
Montélimar	3200	1200	2000	-
Donzère – Mondragon	9450	800	8450	200
Caderousse	4700	2600	2100	-
Avignon	5050	1450	3600	-
Vallabrègues	7600	2800	4800	-
Arles	1600	300	1300	-
	42350	13470	27750	1130
Suprafața totală în ha			41220	

Stabilizarea pânzelor freatice. Amenajarea Rhôn-ului a adus inevitabile perturbații – mai mari sau mai mici – și în scurgerea apelor superficiale.

Remediarea situației s-a făcut prin lucrări realizate concomitent cu amenajările hidroelectrice: contracanele echipate cu foraje de decompresie care îndeplinesc local oficiul de colectoare de asanare. Acestea permit să se mențină nivelul apelor freatice la cotele optime cerute de agricultorii din zonă evitând fluctuațiile naturale, legate de neregularitatea debitului și nivelului fluviului.

Menținerea pânzelor freatice la niveluri stabilizate permite:

- alimentarea subterană a unor culturi cu rădăcini adânci (de exemplu, pomi fructiferi);
- ridicarea prin capilaritate a apei, în stratul de sol activ, în condițiile unor terenuri corespunzătoare acestui scop;
- prelevarea ușoară a apei pentru irigații cu ape subterane, îndeosebi pentru sistemele mici de irigații – locale.

Peste 24.000 ha, terenuri agricole situate aval de Lyon, de o parte și alta a Rhôn-ului, beneficiază de acest gen de ameliorări.

Printr-o rețea deasă de instalații piezometrice, un adevărat cadrul piezometric, se ține sub permanent controlul nivelului apelor freatice (fig. 6.40).

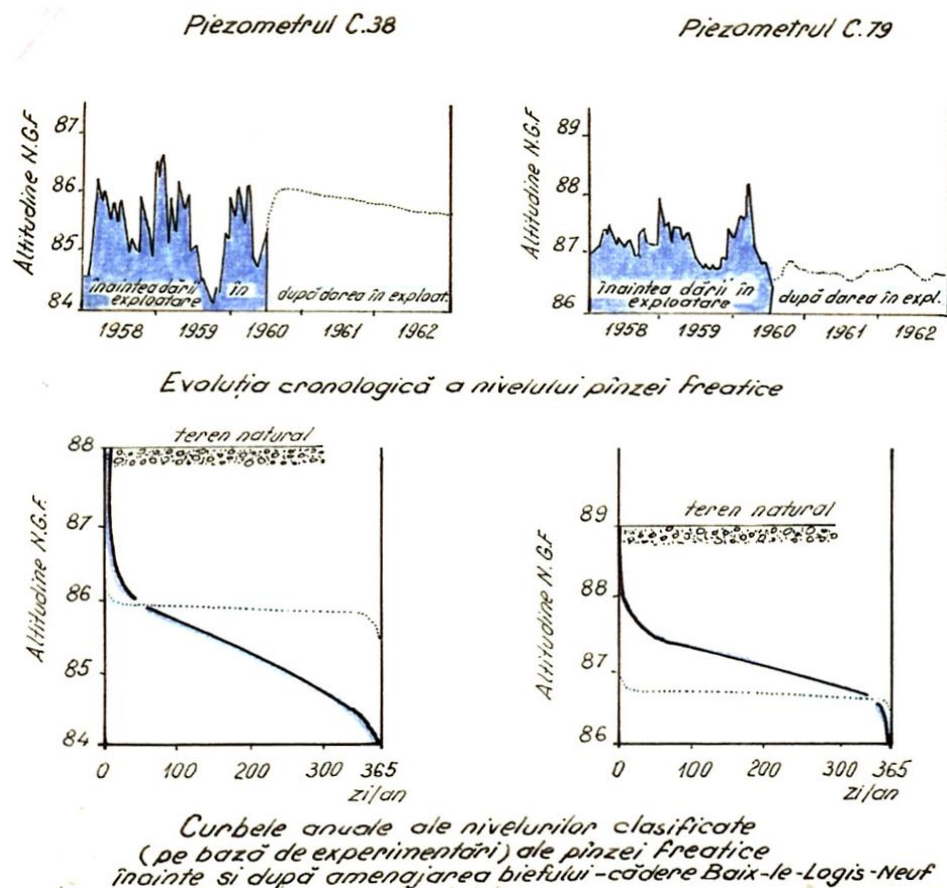


Fig. 6.40. Exemple de stabilizare a pânzei freatice după darea în exploatare a unei amenajări

4° Alte efecte ale amenajărilor hidrotehnice complexe ale Rhôn-ului, asupra agriculturii și economiei și economiei Văii Rhôn-ului

Energia pentru agricultură. În conformitate cu prevederile inserate în Caietul de sarcini al Convențiilor Agricole, C.N.R. asigură 10% din puterea normală disponibilă a căderilor (H.E.) în serviciu, pentru beneficiarii agricoli, cu un tarif preferențial foarte avantajos. Astfel, din totalul prevăzut (173.000 kW), în 1980 s-a efectuat pentru irigații și asanări: 95.227 kW, iar pentru folosințe agricole: 23.039 kW. Cheltuielile corespunzătoare au fost de 10 MF (1980).

Condiționarea și comercializarea produselor agricole

Proiectele și devizele amenajărilor complexe ale Rhôn-ului au inclus și ajutoarele sub multiple aspecte pentru echilibrarea, modernizarea și promovarea agriculturii. Au fost prevăzute măsuri tehnice și financiare și pentru acoperirea eventualelor riscuri pentru agricultură, în primii ani de la intrarea în funcțiune a amenajărilor, ca și pentru obținerea unor produse de calitate superioară, conservarea optimă a acestora și valorificarea și comercializarea lor, prin piețe de desfacere,

încurajate și sprijinite de puterea publică.

Astfel, în scopul modernizării agriculturii din Valea Rhôn-ului, S.C.P. (cu ajutorul puterii publice) a întreprins numeroase acțiuni directe pe care le-a și finanțat parțial, aproximativ 10%, (19 MF, valoare 1980):

- s-au creat și consolidat organismele pentru transformarea și comercializarea produselor agricole: cooperatiste, S.I.C.A. și industrii agricole (în număr de 25);

- au crescut capacitățile depozitelor frigorifice și de stocaj cu 166.000 m³ (capacități noi);

- s-au perfecționat, prin transformarea în depozite cu atmosferă controlată, peste 15.000 m³, în scopul unui lung stocaj al fructelor – merelor;

- s-au creat ateliere de congelare la -35° și camere de conservare la -25°, pentru fabricarea și conservarea produselor supraînghețate;

- s-au extins și modernizat instalațiile de vinificație (15),

cramele, depozitele și cisternele (emailate și din sticlă), la nivel de a se suplimenta capacitățile acestora cu 183.000 hl în Valea Rhôn-ului;

- s-au dezvoltat și modernizat depozitele – silozurile de conservare a cerealelor (400.000 quintale); s-au consolidat și au crescut cooperativele de aprovizionare etc.

După cum rezultă din cele de mai sus, planul de amenajare hidrotehnic complex al Rhôn-ului, pentru hidroenergie, navigație, irigații – asanări a acordat totodată mare atenție pentru ridicarea la parametri tehnico-economici superiori a întregului teritoriu și potențial agricol, industrial și centre populate.

Pe lângă obligațiile de a repara neajunsurile și pagubele aduse de constructor (S.C.P.) în timpul amenajărilor hidrotehnice teritoriului agricol străbătut, s-a urmărit și ridicarea la cel mai înalt grad de civilizație a acestui sector, participant la realizarea marilor obiective efectuate de-a lungul celor 500 km ai Rhôn-ului pe teritoriul Franței.

Urbanismul și mediul. Cele trei grupe – tipuri de amenajări hidrotehnice (hidroenergia, navigația și irigațiile – asanările) executate pe Rhône, prin complexitatea, amploarea și spațiul pe care l-au afectat, au

condus evident la influențarea, modificarea și amenajarea întregului spațiu.

Astfel, cu ocazia amenajării s-au executat peste 200 km noi drumuri, diverse dotări, pentru deservirea șantierelor și care ulterior au fost integrate în domeniul public. De asemenea, s-au amenajat numeroase noi poduri și au fost modernizate altele.

Rețele de drenaje și asanări au facilitat, în zonele urbane, canalizarea acestora, colectarea apelor uzate și crearea de noi stații de epurare (exemplu la Lyon, Vienne, Condrieu, Saint-Vallier, Tain-l'Hermitage, Tournon, Avignon).

Vastele planuri de apă au permis dezvoltarea unor adecvate oaze de agrement, promenadă (fig. 6.41) pentru dezvoltarea sporturilor nautice.

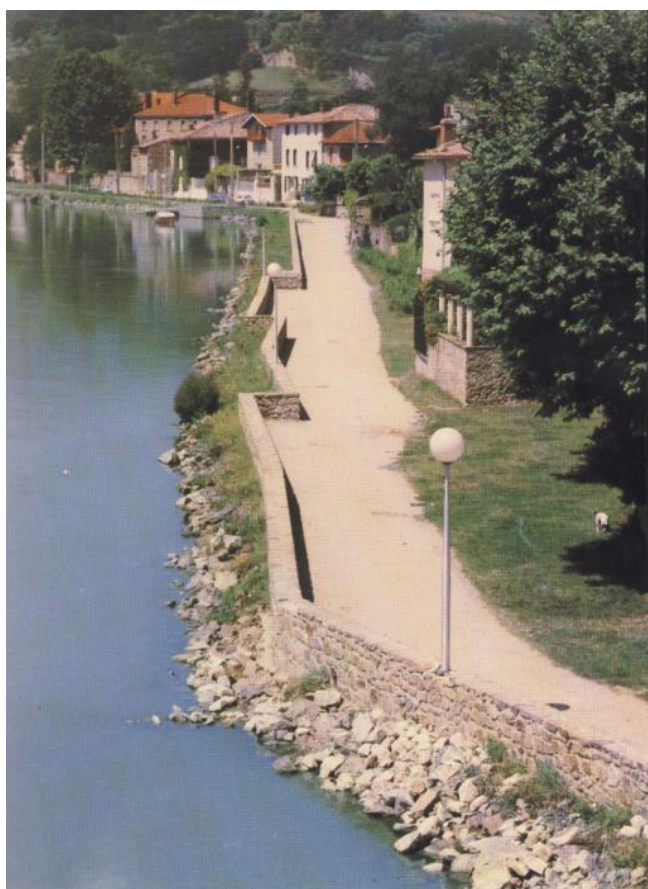


Fig. 6.41. Amenajarea promenadei la Candrieu

În aceste condiții s-a stabilit un nou echilibru biologic, o protecție perfectă a spațiului: s-a dezvoltat piscicultura; păsările migratoare și-au găsit un refugiu ideal; animalele de apă dispărute înainte au reapărut și așa mai departe.

Întregul complex de măsuri întreprins pe Rhône poate constitui un exemplu pentru proiectanți și cei chemați a realiza lucrări hidrotehnice pe cursurile mari de apă ale țării noastre (exemplu pe râurile Siret, Prut, Mureș, Olt etc.) sau în acțiunea de cooperare internațională.

Notă:

Este de reținut din prezentarea capitolelor 12 și 15 că, în timp ce în vestul și centrul Europei, amenajările complexe tip Rhône-Rhin-Elba etc. au o dezvoltare deosebită, în est sunt mai puțin dezvoltate. De aceea considerăm că soluția „Prut”, ca legătură între Marea Baltică și Marea Neagră, ar putea completa – într-o anumită măsură – peisajul acestor amenajări–legătura între bazinele intrafluviale.

6.2. AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN B.H. PRUT. CONCEPTII, SOLUȚII ȘI REALIZĂRI

6.2.1. CADRUL NATURAL ȘI AMENAJĂRI REALIZATE. DATE DE BAZĂ PRIVIND PROBLEMATICA AMENAJĂRILOR, AXATE PE RÂUL PRUT

1° Cadrul natural și amenajări realizate (an 2000)

Râul Prut, datorită lungimii sale, mărimii bazinului hidrografic, resurselor hidrologice și poziției geografice, a ridicat și ridică o serie de probleme de ordin hidrotehnic, economic, social și internațional.

Abordarea modernă a acestui complex de probleme, care constituie obiect de studiu pentru specialiștii din țările riverane de circa 200 de ani, nu este conceput decât într-un cadru interdisciplinar, în care tehnologiile informatice au o pondere semnificativă.

Râul Prut reprezintă frontiera de stat a României cu Ucraina și Republica Moldova pe o lungime de 716 km (după ce curge 237 km în afara zonelor țării) și are o suprafață a bazinului hidrografic de 28.396 km², din care 10.990 km² pe teritoriul României (fig. 6.43).

Din punct de vedere hidrografic, râul Prut poate fi împărțit în trei sectoare:

- sectorul superior al râului, de la izvoare și până la ieșirea râului din munți, respectiv zona orașului Cernăuți;
- sectorul mijlociu al râului, de la orașul Cernăuți până la orașul Ungheni;
- sectorul inferior al cursului, din dreptul orașului Ungheni până la vărsarea în Dunăre.

Direcția generală de curgere a apei subterane este de la nord-vest către sud-est, pe malul drept al râului panta curentului subteran fiind cuprinsă între 0,3% și 0,5%.

În funcție de regimul hidric, de regimul și dinamica sârilor, de adâncimea apei freatice, de drenajul

intern și extern, de procesele de eroziune și alunecare, precum și de gradul de fertilitate, solurile din bazinul hidrografic Prut au fost încadrate în patru grupe pedoameliorative (nouă subgrupe).

Extinderea bazinului Prutului în latitudine, relieful său prin altitudinea sa, prin orientarea și expoziția pantelor, precum și suprafețele acoperite cu păduri sau cele ocupate de vegetație hidrofilă sau cu bălți din lunca Prutului contribuie la formarea unor condiții climatice locale, diferit repartizate. Temperaturile medii anuale cele mai ridicate se înregistrează în partea de sud (la Galați 10,3°C), scăzând treptat spre nord (Dorohoi 8,3°C). Considerarea valorilor de temperatură scoate în evidență tocmai gradul de continentalism accentuat al climei bazinului Prut. Regimul precipitațiilor este determinat de deplasările maselor de aer din sectorul NV și V, care aduc în tot timpul anului precipitații, însă repartizarea acestora nu este uniformă nici în timp, nici în spațiu.

Conform datelor din fig. 6.42 rezultă că în perioada septembrie-iunie precipitațiile nu acoperă nevoile cerute de cerealele de toamnă (aproximativ 300 mm) decât în jumătatea de nord a bazinului.

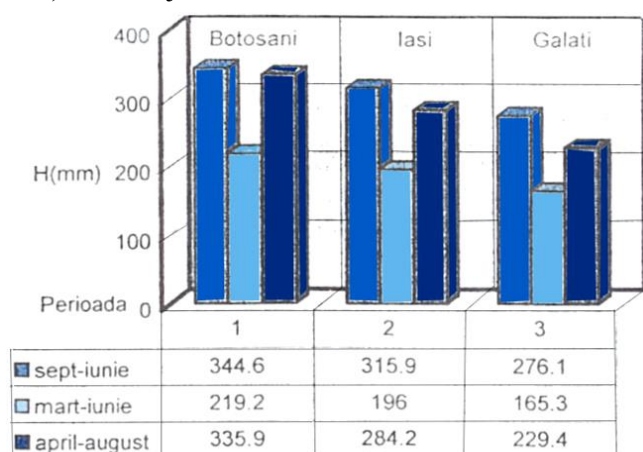


Fig. 6.42. Precipitații căzute în perioada de vegetație

Suprafața totală amenajată pentru irigații cu sursa Prut pe malul drept este de 76.020 ha, din care 74.425 ha amenajări în sisteme mari și 1.595 ha în amenajări locale.

Suprafața totală amenajată pentru irigații cu sursa de apă Prut pe malul stâng (Republica Moldova) este de 71.950 ha, din care 67.296 ha în sisteme mari și 4.654 ha în sisteme locale.

Acumularea Stânca-Costești, dată în folosință în anul 1978, este amplasată pe râul Prut la circa 380 km de confluența acestuia cu Dunărea.

Acumularea reține un volum de apă de 735 milioane m^3 la N.N.R. și a fost construită cu scopul de a regulariza debitele râului Prut, dar și pentru alimentarea cu apă a centrelor populate, pentru producerea de energie electrică, pentru irigații și atenuarea viiturilor.

Schema sinoptică a sistemului informațional hidrometeorologic pe bazinul hidrografic Prut cuprinde unitățile hidrometeorologice din bazin și obiectivele economice apărate conform planurilor județene. Sunt stabilite legăturile exterioare cu I.N.M.H., Comisia Centrală de Apărare și comandamentele județene de apărare împotriva inundațiilor și fenomenelor meteorologice periculoase.

2° Caracterizarea cantitativă și calitativă a apelor râului Prut. Utilizările ape

Situația cantitativă și calitativă a sursei de apă Prut a fost determinată în cadrul unor studii de specialitate, prin măsurători în secțiunile de control hidrologic.

Debitele medii înregistrează valoarea de 81,2 m^3/s în secțiunea Stânca, ajungând la 100,5 m^3/s în secțiunea Fălciu.

Pentru a caracteriza evoluția calității apelor râului Prut, s-au analizat valorile indicatorilor specifici în două secțiuni de control: acumularea Stânca-Costești și după confluența cu Jijia, la Drânceni.

Folosințele estimate de apă în bazinul hidrografic Prut sunt de 551 mil. m^3 /an pentru România, 164 mil. m^3 /an pentru R. Moldova și 103 mil. m^3 /an pentru Ucraina.

Cea mai mare folosință de apă cu preluare organizată de debite din apele de suprafață și subterane o constituie în prezent Regia Autonomă Județeană de Apă și Canal Iași, care captează un debit de peste 4,5 m^3/s , în scopuri potabile și pentru industrie.

După intrarea în funcțiune a acumulării, regimul nivelurilor în albie în aval de baraj este reglat funcție de volumele care sunt stocate, existând însă situații, în special în timpul secetelor, când debitele descărcate din acumulare sunt mici (sub 25 m^3/s), influențând negativ prizele de apă.

În bazinul hidrografic Prut predomină agricultura, folosințele principale fiind: arabil (porumb, grâu, sfeclă, legume), vii, pomi fructiferi, precum și piscicultura.

6.2.2. STUDII, CONCEPȚII ȘI SOLUȚII DE AMENAJARE A RÂULUI PRUT

1° Intervenția diversilor specialiști

O serie de personalități – române și străine – au fost preocupate de problemele amenajărilor hidrotehnice axate pe râul Prut, precum și de implicațiile socio-economice aferente, care și în zilele noastre continuă să reprezinte o preocupare din punct de vedere al concepției și realizării. Se cuvine a fi amintiți aici renumiții profesori I. Andriescu-Cale, Ion Ionescu, Cristea Mateescu, V. Stark ș.a.

Astfel, concepția profesorului I. Andriescu-Cale asupra soluțiilor de amenajare hidrotehnică din estul țării – racordată cu aceea a profesorului Matakiewicz de la Politehnica din Lvov (1927) – răspunde unui triplu scop: utilizarea Prutului drept cale navigabilă, ca o parte a liniei internaționale Marea Baltică – Nistru – Prut – Dunăre – Marea Neagră; valorificarea terenurilor inundabile din șesul Prutului; valorificarea energiei hidroelectrice a Siretului prin trecerea parțială a apelor acestuia în bazinul Prutului.

Tot aici se cuvine a înscrie și soluția analizată (1975-1990) în cadrul Catedrei de Hidraulică și Hidroameliorații (Institutul Politehnic Iași) de un colectiv larg interdisciplinar (condus de prof. Valeriu Blidaru și dr. ing. G. Popovici, șeful Filialei I.S.P.I.F. Iași) prin care, cu apa acumulată și derivată gravitațional din râul Siret (prin acumularea Pârcovaci, cota 120 m) în bazinul hidrografic Prut (cota 35 m), s-ar fi asigurat suplimentarea resurselor locale de apă pentru irigații.

Lucrările menționate au rolul de a răspunde unei problematice complexe, cu impact semnificativ atât sub aspectul mediului natural, cât și în cea ce privește problemele tehnice, economice și sociale.

În această perspectivă se înscrie teza de doctorat a unuia dintre autori, care vizează într-un cadru interdisciplinar realizarea *Centrului informatic Iași – Chișinău cu sursa de apă Prut*.

2° Concepția și intervenția prof. ing. I. Andriescu-Cale

1/ Soluționarea problemelor hidrotehnice ale râurilor Prut și Siret

Profesorul I. Andriescu-Cale este inițiatorul unor mari amenajări hidrotehnice din Moldova, cum sunt acumularea de la Stânca-Costești pe Prut, derivațiile din Siret și acumularea de la Pașcani, pe râul Siret.

În fig. 6.43 se poate urmări concepția de amenajare hidrotehnică cu rol complex: protecția mediului, irigații, navigație, alimentări cu apă, piscicultură, îndiguiri

și regularizări de râuri etc., inclusiv efectele sociale, economice și politice.

Concepția profesorului I. Andriescu-Cale asupra soluțiilor de amenajare hidrotehnică din estul țării a fost racordată cu aceea a profesorului Matakiewicz de la Politehnica din Lvov (1927), amenajarea râului Prut trebuind să răspundă unui singur scop: utilizarea Prutului drept cale navigabilă, ca o parte a liniei internaționale Marea Baltică – Vistula – Nistru – Prut – Dunăre – Marea Neagră, cu legături cu Cernăuți, Iași și Târgu Frumos; valorificarea terenurilor inundabile din vestul Prutului, situate între Ștefănești și locul de vărsare, prin culturi intensive; valorificarea *energiei hidro-*

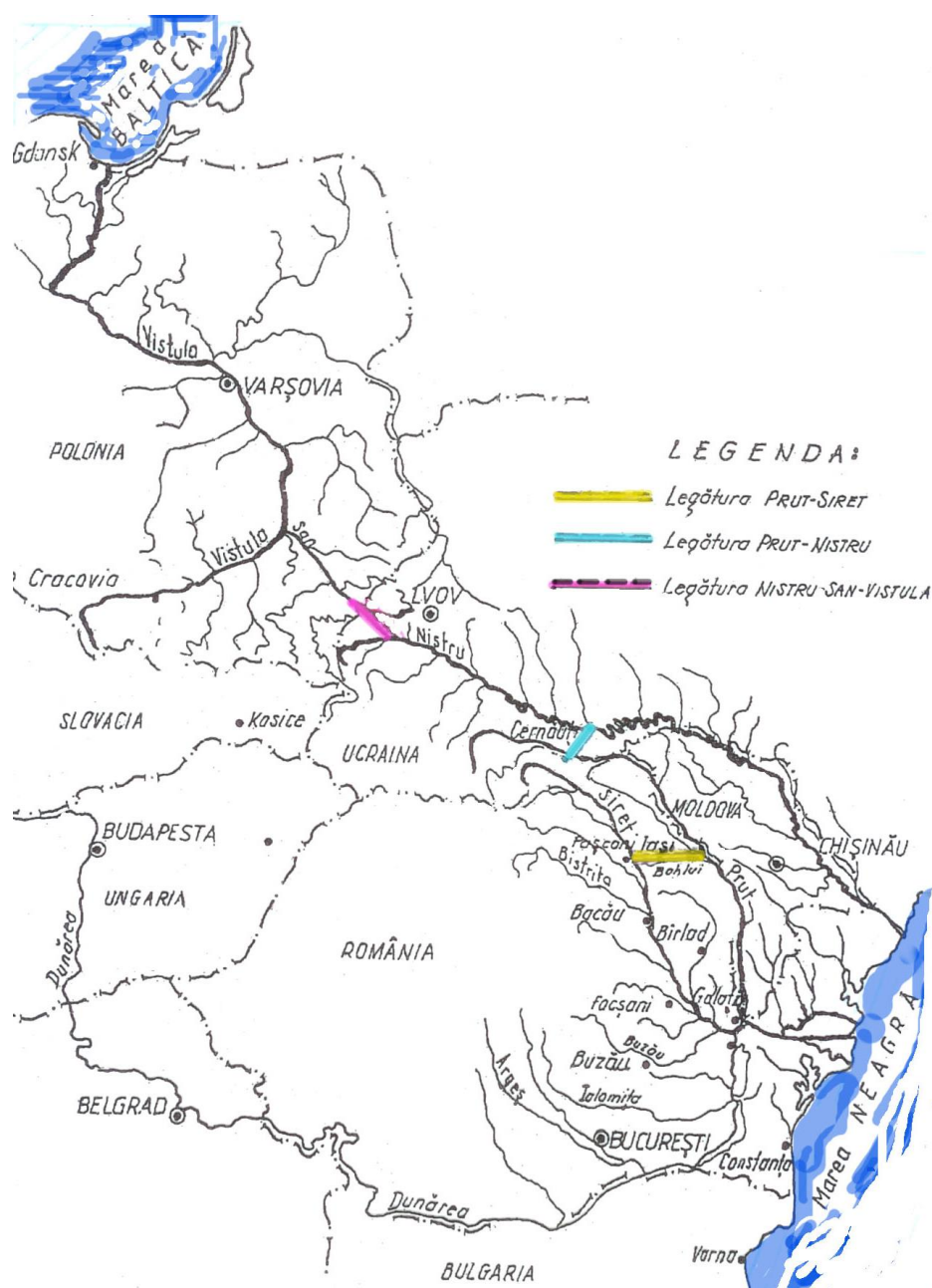


Fig. 6.43. Soluții de legătură ale râului cu alte cursuri se apă în vederea includerii acestora într-o rețea internațională de navigație

electrice a Siretului prin trecerea parțială a apelor acestuia în bazinul Prutului.

2/ Concepții privind navigabilizarea Prutului în corelație cu amenajările hidraulico-agrară și energetice

Problema navigabilizării Prutului a fost menționată și în Regulamentul Organic, inițial printr-un canal de legătură între Siret și Prut pe valea Bahluiului în speranța valorificării bogățiilor Moldovei, lipsită pe atunci de căi ferate și drumuri.

Ulterior, s-a realizat puțin în această privință, prioritate având construcțiile de căi ferate, șosele, edificii publice și particulare, locuințe. Lucrările hidrotehnice în scopul amintit au fost multă vreme neglijate.

Profesorul I. Andriescu-Cale a fost un militant continuu al acestui domeniu, la această idee asociindu-se alți specialiști pentru zona centrală și de vest a țării, ca, de exemplu, profesorii Dorin Pavel, Cristea Mateescu, Pompiliu Nicolau, A. Bârglăzan, R. Prișcu.

Pe concepțiile și ideile acestora s-au sprijinit realizările deosebite ale ultimului sfert de secol XX, îndeosebi în zona centrală a țării.

Concepțiile prof. I. Andriescu-Cale, referitoare la navigabilizarea Prutului, au pornit de la observațiile că, pe acest râu, urcau vase ușoare: până la Trifești erau trase de edec, coborau, apoi, spre Dunăre, încărcate cu produse agricole, iar rușii, în perioada ocupației din anii 1828-1834, inițiaseră un plan de legături între bazinele râurilor Siret, Bahlui și Prut pentru transportul bogățiilor Moldovei.

Legătura Siretului cu Prutul printr-un canal navigabil avea ca obiectiv dezvoltarea economică a Iașului, care urma a fi declarat „Porto Franco”, acțiune ce a apărut și în actul Unirii de la 1859, dar rămasă fără finalizare datorită împrejurărilor care au făcut ca Iașul să rămână un oraș de graniță până la Marea Unire. Studii în acest sens au fost continuate de inginer Toncourt, directorul Comisiei Mixte a Prutului, care susținea interesele Austriei în această acțiune.

La cerințele navigabilizării Prutului, menționate mai sus, se adăugau pagubele produse de inundații, ca cele din 1932 și 1933, apoi dorința statului român de a relua navigația pe Nistru, ca prim pas spre reconsiderarea relațiilor politice și economice cu Rusia.

Toate acestea l-au determinat pe prof. I. Andriescu-Cale să reia studiul navigabilizării Prutului într-o viziune proprie, adică **asocierea acestei idei cu aceea a folosirii raționale a terenurilor din luncă și cu problemele de îmbunătățiri funciare**, care puteau amortiza parțial investițiile cerute de navigație. Astfel: gândirea inginerască a profesorului I. Andriescu-Cale se orientează spre rezolvarea corectă și complexă a problemelor Prutului: prevenirea inundațiilor, în corelare

cu crearea rezervoarelor de apă pentru piscicultură și navigație, energie, alimentări cu apă, industrie alimentară, protecția mediului.

Astfel, după opinia noastră, I. Andriescu-Cale este creatorul soluției acumulărilor de apă de pe Prut, al regularizărilor complexe ce includ și afluenții acestui râu și al soluțiilor de interconexiune Prut – Siret și Prut – Nistru.

3/ Concepții și soluții privind amenajarea Prutului și a luncii proprii

a) Eliminarea parțială a bălților. Bălțile ce însoțeau cursul Prutului de la Ungheni până la vărsare, îndeplineau rolul de atenuare a viiturilor, serveau la menținerea adâncimii de navigație și constituiau o sursă de pește. La viituri, scoteau din circuitul agricol o suprafață de 184.000 ha teren agricol. Prin soluția propusă de regularizare a albiei și crearea unei albie majore cu ajutorul unor diguri longitudinale, suprafața inundabilă la viituri putea scădea la 25.000 ha, cu efecte în ce privește protecția mediului prin salubritatea sa.

b) Crearea de baraje de retenție. Prin realizarea unor baraje de retenție cu rol complex, suprafața inundabilă s-ar fi putut micșora cu 40%, terenul utilizabil agricol pe toată lungimea râului ajungând la circa 470.000 ha. Locul de amplasare a unui bazin de retenție a fost ales pe defileul dintre Târgul Ștefănești și Lipcani. Se menționa că un baraj cu o înălțime de 100 m, construit în Cheile Ștefănești, ar fi putut reține 1,3 miliarde m³ apă și ar fi asigurat un debit mediu de 60 m³/s, iar la o înălțime de 110 m baraj, capacitatea acumulării ar fi crescut la 2,4 miliarde m³. Această gândire a prof. I. Andriescu-Cale a fost materializată după anul 1960 prin crearea acumulării cunoscută sub numele „acumularea de la Stânca-Costești”.

Pe de altă parte, prin realizarea unui baraj pe Prut, la Șirăuți, cu înălțimea de retenție la cota 140, s-ar fi putut realiza o acumulare de 3 miliarde m³. Atașând la cele două baraje o treaptă de ecluzare, vasele de navigație ar fi putut ajunge în zona superioară a Prutului până la Cotul lui Boian, de unde, printr-o serie de 6-7 baraje mobile, cu ecluze, s-ar fi putut învinge diferența de nivel de 20 m, spre a se ajunge la Cernăuți.

I. Andriescu-Cale considera că prin realizarea acumulărilor de apă de la Ștefănești și Șirăuți, la cotele 100 m și, respectiv 140 m, cu un volum total de acumulare de 4,3 miliarde m³, s-ar fi putut asigura o legătură mai ușoară între Prut și Nistru, și un debit regularizat mediu pe Prut de 69 m³/s. Fiecare cădere a celor două acumulări ar fi putut asigura energia electrică la nivel de circa 11.000 HP, iar la cele 6-7 baraje mobile preconizate între Cotul Morii și Cernăuți s-ar fi putut obține 12.000 HP. Energia obținută ar fi servit la funcționarea propriilor instalații, cât și la nevoile localităților

Tg. Ștefănești, Lipcani, Rădăuți, Săveni, Noua Suliță, Herța, Darabani și chiar pentru Cernăuți, Dorohoi, Botoșani, Hotin, Bălți, pentru industria alimentară, cea a cimentului și ceramicii, industria electrochimică etc. Piscicultura era considerată o ramură profitabilă a acestor planuri de amenajare complexă, agricultura fiind beneficiară prioritar.

4/ Concepții și soluții ale prof. ing.

I. Andriescu-Cale, pentru amenajarea afluenților Prutului și a interconectărilor Prut – Siret și Prut – Nistru – Vistula – Marea Baltică, pentru navigația inter-europeană

a) **Regularizări pe afluenți:** analiza în ansamblu a problemelor de navigație, hidroenergie, agricultură, industrie, protecția mediului, echilibrul ecologic, în cadrul unui plan hidrotehnic de amenajare a afluenților Prutului și a interconectării Prut-Siret demonstrează competența acestei mari personalități care a fost prof. I. Andriescu-Cale.

Principalii afluenți ai Prutului, Bașeu și Jijia cu afluenții săi Sitna, Miletin și Bahlui, cu văile lor largi, mărginite de pante mici și cu subsol impermeabil, cu zone de băltire și înmlăștinare, au devenit un atelier de modelare în gândirea prof. I. Andriescu-Cale. Prin planurile de regularizare a debitelor provenite din aceste bazine hidrografice se urmărea suplimentarea debitelor Prutului, necesare navigației. Totodată, prin acumularea viiturilor se protejau de inundații obiectivele din aval și se asigura apa necesară irigațiilor și altor scopuri agricole.

Se propuneau următoarele acumulări de apă: trei baraje din pământ pe râul Bașeu în punctele Ștefănești, Slobozia și Hîmcești; două baraje pe Jijia în zonele Țigănași și Dorohoi, care ar fi acumulat 514 milioane m^3 ; un baraj pe râul Sitna, la Todireni, și altul pe Miletin, la Vlădeni. Prin aceste lucrări, pe principalii afluenți ai Prutului s-ar fi realizat o rezervă de apă de 813.000 milioane m^3 , care ar fi servit, în primul rând, la creșterea debitului pentru navigație pe Prut (un debit mediu suplimentar de 16 m^3/s).

Amplasarea acumulărilor de apă în zone depreionare rezolvă, totodată, protecția unor întinse terenuri împotriva inundațiilor.

Pe valea Bahluiului s-a propus construirea unor baraje la Belcești și Hodora, care ar fi permis acumularea a circa 90 milioane m^3 apă, iar pe Bahluiet, în amonte de Podu-Iloaiei, s-a propus crearea unei acumulări de 30 milioane m^3 , care s-a și realizat după anul 1950.

Prin urmare, bazinele de acumulare de pe râul Bahlui ar fi putut însuma circa 120 milioane m^3 apă. Realizarea acumulărilor de apă pe Prut și afluenții

acestora ar fi îngăduit reglarea ideală a debitului, de circa 93 m^3/s , între Țuțora și Dunăre, care ar fi satisfăcut cerințele navigației și, parțial, și pe cele ale agriculturii. În scopul irigațiilor, prof. I. Andriescu-Cale preconiza revitalizarea vechilor iazuri, care ar fi îndeplinit și rol piscicol, zootehnic, de echilibru ecologic și resurse de apă, fără consum de energie.

b) **Legătura Prut – Siret.** Vechiul deziderat ca orașul Iași să devină port și antrepozit ar fi devenit realitate prin aplicarea soluțiilor hidrotehnice preconizate de prof. I. Andriescu-Cale.

Consecință a regularizării debitului și albiei Bahluiului și prin suplimentarea acestuia cu apă printr-o derivație din Siret, s-ar fi putut realiza un canal navigabil pentru vase, până la 600 t, pe sectorul Târgu-Frumos – Iași – Prut.

Realizarea acestui canal ar fi condus și la coborârea pânzei freatice, la înlăturarea focarelor de epidemii și la extinderea irigațiilor fără consum de energie.

Profesorul I. Andriescu-Cale își întemeia propunerile prin studii directe pe teren și pe valorificarea cercetărilor anterioare. În această privință menționăm: studiul prof. Ioan Ionescu (anul 1900), solicitat de doctor Manolescu-Strunga (proprietar al moșiei Strunga), care a remarcat existența unei diferențe de nivel între Valea Siretului și Valea Bahluietului și a propus o soluție pentru realizarea unei căderi de apă ($\Delta h = 100$ metri); profesorul Cristea Mateescu a întocmit în 1923, un proiect de uzină hidroelectrică la Bucecea-Botoșani, menită a valorifica diferența de nivel de circa 60 m, între Valea Siretului și Valea râului Corhana, afluent al Sitnei, derivând din Siret un debit de 5 m^3/s ; inginer Constantin Hoiescu (director ministerial), împreună cu ing. Virgil Stark (reprezentant al Societății franceze „Union électrique rurale”), a reluat, în anul 1930, problema folosirii diferenței de nivel dintre Siret și Valea Bahluietului ($\Delta H = 83$ m), ajungând la concluzia că pentru un debit $Q = 18$ m^3/s s-ar putea realiza o putere de 17.000 HP, iar pentru $Q = 50$ m^3/s ar rezulta o putere de 50.000 HP.

Prof. I. Andriescu-Cale a intervenit în soluția de mai sus propunând o acumulare de apă pe Siret, între podul de șosea de la Șcheia și Pașcani, în scopul atenuării viiturilor pe Siret și realizării rezervelor de apă pentru derivația Siret – Bahluiet, astfel încât preconizatul canal navigabil Târgu-Frumos – Iași – Țuțora – Prut să devină funcțional, să ne asigure apa pentru irigații și pentru acționarea unei uzine hidroelectrice cu o putere de circa 40.000 HP.

Canalul de derivație trebuia să străbată dealul Strunga printr-un tunel lung de 5 km și cu diametrul de 60 m, căptușit cu beton, care să permită accesul vaselor plutitoare în cazul unei legături navigabile între Siret și Prut.

Canalul navigabil Țuțora – Iași – Tg. Frumos s-ar fi putut executa pe o lungime de 62 km, cu o secțiune care să permită navigarea vaselor de circa 60 tone.

În condițiile realizării acumulărilor și regularizărilor propuse, cu transferul de debit din Siret, Prutul ar fi putut beneficia de un debit de $135 \text{ m}^3/\text{s}$, suficient pentru o navigație interioară lejeră și dezvoltarea unei agriculturi prospere.

Totodată, acel lanț de acumulări, derivații, interconectări și asanări ar fi putut contribui la echilibrarea ecologiei întregului teritoriu din această zonă.

c) *Includerea Prutului în rețeaua internațională de navigație interioară*

Gândirea celebrului prof. I. Andriescu-Cale a găsit soluția înscrierii Prutului în rețeaua internațională de navigație interioară, care să lege Marea Baltică de Marea Neagră.

Această problemă a făcut obiectul mai multor studii, analize, discuții, conferințe, din care reținem: inginer inspector general Alexandru Davidescu, într-o conferință ținută la „Fundatia Carol” în 1920, propunea forurilor noastre politice și diplomatice să susțină introducerea Prutului în releul Marea Baltică – Marea Neagră; revistele tehnice austriece din perioada 1925-1926 anunțau că „în cercurile polone și române s-a discutat proiectul unui canal navigabil între Danzig și Galați”. Proiectul prevedea utilizarea cursurilor Vistulei, Sanului, Nistrului și Prutului (v. fig. 6.43).

Această cale de apă ar fi avut circa 1.900 km, din care numai 72 km ar fi fost canal săpat în uscat. Calea navală menționată ar fi putut avea însemnătate economică pentru Polonia și România, dar și pentru țările limitrofe Mării Baltice, puse astfel în legătură cu Constantinopolul, Asia Mică, Egiptul și India pe un drum mai scurt cu 6.000-8.000 km.

Nerealizarea acestui concepții l-a determinat pe prof. I. Andriescu-Cale să caute soluția navigabilizării Prutului între Galați și Cernăuți, prezentată mai sus.

Prutul navigabilizat până la Cernăuți s-ar fi putut lega de Nistru printr-un canal cu punct de pornire satul Criva, pe valea pârâului Pacapuke, care, străbătând culmea de separare a apelor Prutului de ale Nistrului printr-un tunel lung de circa 1.000 m, ar fi ajuns în valea acestuia în aval de Darabani.

Lungimea totală a acestui canal ar fi trebuit să fie de 20,8 km. Diferența de nivel dintre Prut și Nistru putea fi preluată, în scop de navigație, prin cinci ascensoare, în locul ecluzelor neadaptabile condițiilor de aici.

Fezabilitatea soluției cu ascensoare avea la bază și realizările similare din Germania, pe canalul Spreia – Oder și Mietlandkanal. Nistrul, fiind navigabil până la Galiția, la Balicin, lucrările suplimentare pentru desă-

vârșirea liniei Marea Baltică – Marea Neagră ar fi constat în regularizarea acestuia pentru a-i spori capacitatea de transport și în construcția canalului de legătură Nistru-San.

Trebuie specificat că și acest studiu, ca de altfel toate studiile prof. I. Andriescu-Cale, se încheie cu o analiză a eficienței economice, sociale și de mediu.

Notă: implicații

Cele prezentate mai sus, cu privire la soluția Marea Baltică – Vistula – Prut – Dunăre (rețea internațională de navigație interioară), pot genera o serie de întrebări, dar și de perspective, mai ales în noua „re-așezare” a raporturilor Europene.

A scurta cu mai bine de 50% drumul pe apă dintre Baltica și Mediterana – Canal de Suez nu este de neglijat.

O succintă prezentare a canalului de legătură dintre vestul, centrul și estul Europei (pornind de la Rhône – Saône – Rhin – Marea Nordului – Marea Baltică – Marea Neagră și Marea Mediterană), cu luarea în considerare și a soluției „Prutului” propusă/studiată de prof. I. Andriescu-Cale (v. fig. 6.43), ar evidenția cu pregnanță gândirea și viziunea acestui mare hidraulician al ingineriei românești.

Pentru cei interesați și avizați de documentare am prezentat anterior „problema Rhône – Rhin – Marea Nordului” pentru a se putea înțelege viziunea „Prutului” ca arteră de legătură între Marea Baltică și Marea Mediterană, închizând astfel circuitul european al navigației cu amenajările conexe hidroenergetice și hidrolic-agrare.

3° Concepția dr. ing. Tudor Viorel Blidaru în monitorizarea printr-un Centru informațional Iași – Chișinău a valorificării complexe și optime a apelor Râului Prut (pe ambele maluri), între Acumularea Stânca-Costești și vărsarea în Dunăre)¹⁾

1/ Posibilități oferite de tehnologiile informatice în sprijinul reabilitării sistemelor de irigații cu sursa de apă Prut

Tratarea științifică actuală a problemelor **managementului resurselor naturale**, în cadrul cărora apa ocupă un loc primar, este orientată spre unități naturale, respectiv către **nivelul bazinului hidrografic**. Preocupările legate de **conservarea, regenerarea și protecția resurselor naturale**, de **utilizarea eficientă**, din punct de vedere economic și ecologic, a acestora și de **limitarea prejudiciilor** momentane sau de perspectivă, aduse prin intervenția antropică, capătă în acest cadru un **caracter natural unitar**.

¹⁾ Din teza de doctorat a dr. ing. T.V. Blidaru (având conducător științific pe prof. dr. ing. C. Cismaru)

Conceptul de **management integrat al resurselor** trebuie să se susțină, în termenii secolului XXI, pe o **bază informațională** corespunzătoare, care să permită **evaluări în termeni reali și asistarea eficientă a deciziilor**, cu analiza variantelor și optimizarea soluțiilor.

În perspectiva **societății informaționale**, să evidențiem faptul că pe plan internațional sunt create cadre organizatorice, metodologice (de exemplu: Agenda – 21 /1992 – „Utilizarea informațiilor pentru elaborarea deciziilor” sau recomandările FAO referitoare la **implementarea proiectelor la nivelul bazinei hidrografice**) și legislative în scopul asistării informatizate a deciziilor referitoare la dezvoltarea regională și managementul, protecția și conservarea resurselor naturale la această scară.

Asimilarea, dezvoltarea și punerea în practică a tehnologiilor informatice (TI) în acest context reprezintă un imperativ pentru orice societate care urmărește să se încadreze în tendința generală de progres economic și social, și cu atât mai mult pentru societățile în tranziție, pentru care optimizarea deciziei economice reprezintă o prioritate majoră.

Conceptele de bază care s-au desprins din proiectele realizate până în prezent în această direcție pe plan internațional – **abordarea la nivelul sistemelor naturale, interdisciplinaritatea, parteneriatul și participarea comunităților locale** – reprezintă premise generale, dar nu garantează succesul acestor demersuri.

Dificultățile majore, prin perspectiva TI, provin din **necesitățile foarte ample de date, validarea riguroasă** a acestora și **expertiza de specialitate**, alături de **costurile semnificative** asociate unor astfel de proiecte. O pondere semnificativă o are implementarea unor modele matematice adecvate, atât în ceea ce privește procesele fizice și naturale, cât și procesele decizionale aferente.

Analizând situația actuală și caracteristicile sistemelor de irigații, precum și a folosințelor cu sursa de apă Prut se evidențiază la nivelul bazinului hidrografic o serie de cerințe informaționale prioritare referitoare la:

- cooperarea și schimbul operativ de date;
- managementul integrat al resurselor de apă;
- optimizarea utilizării acestor resurse, atât pe termen scurt (decizie tactică), cât și pe termen mediu-lung (decizie strategică).

În acest cadru se propune soluția informatică de implementare a sistemului teritorial

de dispecerizare a amenajărilor pentru irigații ce utilizează resursele de apă ale râului Prut, aval de acumularea Stânca-Costești (fig. 6.44 a, b), cu scopul de ameliorare a procesului decizional privind urmărirea, dirijarea și utilizarea eficientă a resurselor de apă pentru irigații.

În conformitate cu schema de amplasare teritorială, se propune și structura generală de organizare, sub forma unei rețele ierarhice teritoriale, structurată pe trei nivele:

- Centru Dispecer Local (CDL), la nivelul fiecărui sistem hidroameliorativ;
- Centru Dispecer Zonal (CDZ), la nivelul unităților coordonatoare județene (SNIF-uri pentru România), respectiv raionale (pentru Republica Moldova);
- Centru Informatic (CI) și Centru Dispecer Central (CDC) la Iași și la Chișinău.

Decizia referitoare la alocarea/utilizarea resurselor de apă va avea un **caracter stadial (ciclic)**, **pe pași de timp**, a căror dimensiune este condiționată, în



Fig. 6.44.a. Amplasarea în teritoriu a unităților informatice



Fig. 6.44.b. Variantă pentru amplasarea în teritoriu a unității informatice

principal, de derularea evenimentelor hidrologice în bazin, de stocul disponibil momentan și cel prognozat în acumulare (în special în condiții de restricționare de diverse tipuri) și de dinamica cerințelor de apă aval de acumulare.

Prin realizarea sistemului de dispecerizare se va putea:

- implementa baza de date (computerizată) necesară optimizării fluxului de resurse și activități aferente sistemelor hidroameliorative cu sursa de apă râul Prut;

- asigura fluxul informațional coerent, în timp cvasireal, între unitățile ce beneficiază de o resursă unică și sunt răspândite pe o arie întinsă;

- asigura suportul necesar pentru optimizarea deciziilor de alocare a resurselor de apă ale râului Prut prin utilizarea de date actualizate, modele matematice și software specializat (SSD).

Cu privire la structura sistemului de dispecerizare propus, prin configurația sa teritorială, se asigură:

- existența unei bucle de reacție informaționale (feed-back), esențială oricărui sistem decizional;

- posibilitățile de culegere operativă a datelor

din teren și distribuire în timp util în teritoriu a rezultatelor prelucrărilor de date;

- utilizarea informațiilor în mod specific, în funcție de nivelul operativ/decizional al utilizatorului.

Din sinteza elementelor referitoare la starea actuală și la posibilitățile de re tehnologizare a amenajărilor pentru irigații din sursa de apă Prut, în conjuncție cu posibilitățile de valorificare și direcțiile de implementare prezentate rezultă următoarele **obiective ale implementării sistemului de dispecerizare computerizată**:

1. Realizarea situațiilor sinoptice, care să permită prezentarea computerizată a datelor, permanent actualizate, privitoare la starea sistemelor monitorizate, cu referire atât la dinamica sistemelor naturale (sistemului hidrologic, datele meteorologice), cât și a sistemelor tehnice (sisteme hidrotehnice). Datele prezentate vor avea în vedere principalele nivele decizionale implicate (tehnic, operativ, managerial) și punctele cheie din sistemul de distribuție: acumulare, secțiuni de control hidrologic, noduri hidrotehnice etc.;

2. Realizarea sistemului de asistare a deciziilor (DSS) care, în baza informației teritoriale completate și a prelucrărilor specifice de date, să susțină în mod eficient procesele decizionale (incluzând atât nivelele operative, cât și cele manageriale), în concordanță cu dinamica disponibilităților și a cerințelor de resurse, inclusiv pentru situații de risc natural (inundații, secetă etc.);

3. Realizarea rețelei teritoriale computerizate pentru comunicarea datelor operative, prin interconectarea rețelelor computerizate existente (SNIF, CN Apele Române, alte rețele existente) cu rețeaua de dispecerizare computerizată propusă, la nivelul bazinului hidrografic.

La nivelul regional, sistemul propus poate reprezenta un **obiectiv strategic** în cadrul programelor de dezvoltare ce vizează o **agricultură irigată viabilă** în bazinul hidrografic Prut.

2/ Stadiul actual al problemei dispecerizării computerizate a resurselor de apă (râuri) în România și obiectivele cercetării

Se analizează două sisteme reprezentative de dispecerizare computerizată existente în țara noastră, care și-au dovedit în timp eficiența economică, atât în ceea ce privește automatizarea distribuției apei în sistemele de irigații – sistemul Olt Călmățui, cât și în cadrul proceselor de gospodărire a apelor (prognoza și

combaterea viiturilor) – sistemul informatic pentru exploatarea optimizată a cascadei de hidrocentrale de pe râul Olt.

În conformitate cu tematica stabilită prin titlul lucrării cu elementele de direcționare (de ordin conceptual, metodologic, științific, tehnic, organizatoric și instituțional), cu problemele specifice amenajărilor pentru irigații cu sursa de apă Prut evidențiate și cu obiectivele stabilite pentru sistemul informatic propus, rezultă următoarele direcții de orientare a cercetărilor întreprinse:

1. *Analiza și sinteza documentară referitoare la problematica luată în studiu, mai ales cu privire la unele realizări reprezentative pe plan mondial;*

2. *Studiul, analiza și adoptarea sau propunerea de modele matematice candidate pentru baza de modele – element esențial de suport decizional, înglobat în structura sistemului informatic propus;*

3. *Cercetarea și testarea, în cadrul unor aplicații specifice, a unor tehnologii informatice actuale, în scopul integrării acestora în structura sistemului informatic propus.*

Rezultanta cercetărilor întreprinse se regăsește în propunerea de implementare – soluția informatică referitoare la integrarea componentelor principale ale sistemului de dispecerizare informatizată.

Din punct de vedere economic, proiectul informatic destinat amenajărilor pentru irigații se justifică atunci când:

- se dorește o modernizare și/sau o îmbunătățire în privința conducerii operative, a eficienței manageriale, gestiunii economice și financiar-contabile, o creștere generală a performanței economice;
- se datorează obținerea unui nivel sporit al controlului apei în sistemul de irigații.

O reprezentare calitativă a relației dintre investiția între tehnologii informatice (costul dezvoltării) și nivelul de control al apei se face în fig. 6.45.

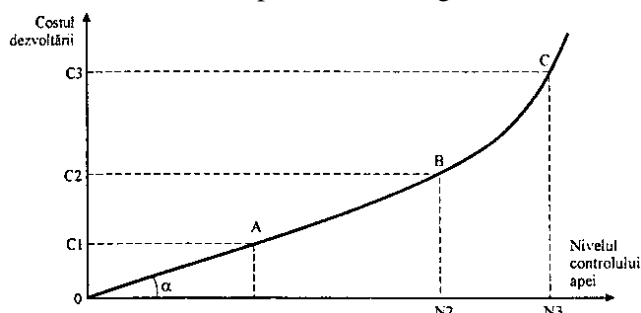


Fig. 6.45. Relația între costul dezvoltării și nivelul obținut în controlul apei în cadrul sistemului de irigații

Se remarcă secțiunea BC a curbei, care poate fi privită ca o investiție de tipul **cercetare-dezvoltare** în sistemul de irigații.

Rețeaua de dispecerizare computerizată pentru amenajările de irigații cu sursa de apă Prut amplasate aval de sursa de apă Stânca-Costești vizează completarea infrastructurii informatice existente aparținând unităților cu competențe în domeniu, în sensul realizării unui management eficient al resurselor.

Asigurarea suportului informatic necesar asistării deciziilor operative ce apar în procesul de exploatare a infrastructurilor hidrotehnice are ca obiectiv controlul distribuției apei aval de acumulare și reglarea flexibilă a raportului disponibilități/cerințe, în funcție de dinamica sistemului hidrologic și de condiționările de diferite tipuri care apar în procesul de exploatare.

3/ Programe, echipamente și sisteme informatice pentru amenajările de irigații

Sistemul de irigații este un sistem complex, din mai multe puncte de vedere: al elementelor schemei hidrotehnice, teritoriului ocupat și problemelor de fond funciar aferente, implicațiilor asupra mediului, al planificării, proiectării și gestionării lucrărilor, al investițiilor, eficienței economice etc.

Rezolvarea unor probleme specifice, precum gestiunea apei, funcționalitatea componentelor schemei hidrotehnice, gestiunea și ameliorarea bazei tehnico-materiale beneficiază în prezent de aportul tehnologiilor informatice.

În scopul creării bazei de modele, sunt analizate din punct de vedere conceptual și ca necesar de date mai multe **aplicații informatice** reprezentative pentru:

- programarea udărilor (AISSUM, PILOTE; SWACROP, ISAREG – fig. 6.46)
- funcționarea integrată a irigației cu drenajul (LINKFLOW);
- optimizarea la nivel regional al managementului irigațiilor (SIWARE – fig. 6.47);
- optimizarea stabilirii planului de culturi irigate (LORA);
- crearea și actualizarea bazei de date referitoare la mijloacele de măsurare a apei (INFODEB);
- gestionarea întreținerii rețelelor de aducțiune și transport al apei (canale și conducte) și gestionarea teritoriului deservit, în cadrul sistemului de irigații (ACSERGEST).

Mai sunt analizate o serie de echipamente utilizate în monitorizarea, dispecerizarea și automatizarea sistemelor de irigații, cum ar fi:

- echipamentul ESP-1 pentru automatizarea stațiilor de pompare (SPP, SPA, SRP) din amenajările pentru irigații;
- sistemul SD-1, care asigură conducerea centralizată a sistemelor de irigații și desecări, având posibilitatea de a cunoaște în orice moment starea fiecărui

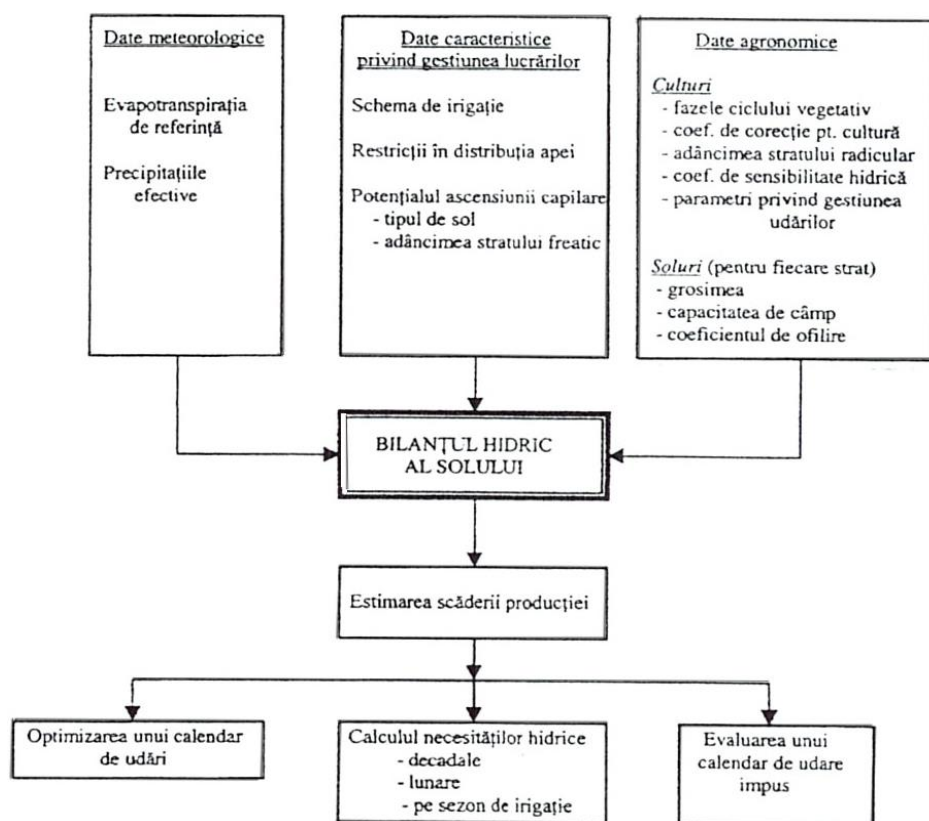


Fig. 6.46. Schema bloc generală a programului ISAREG (J.L: Teixeira, 1994)

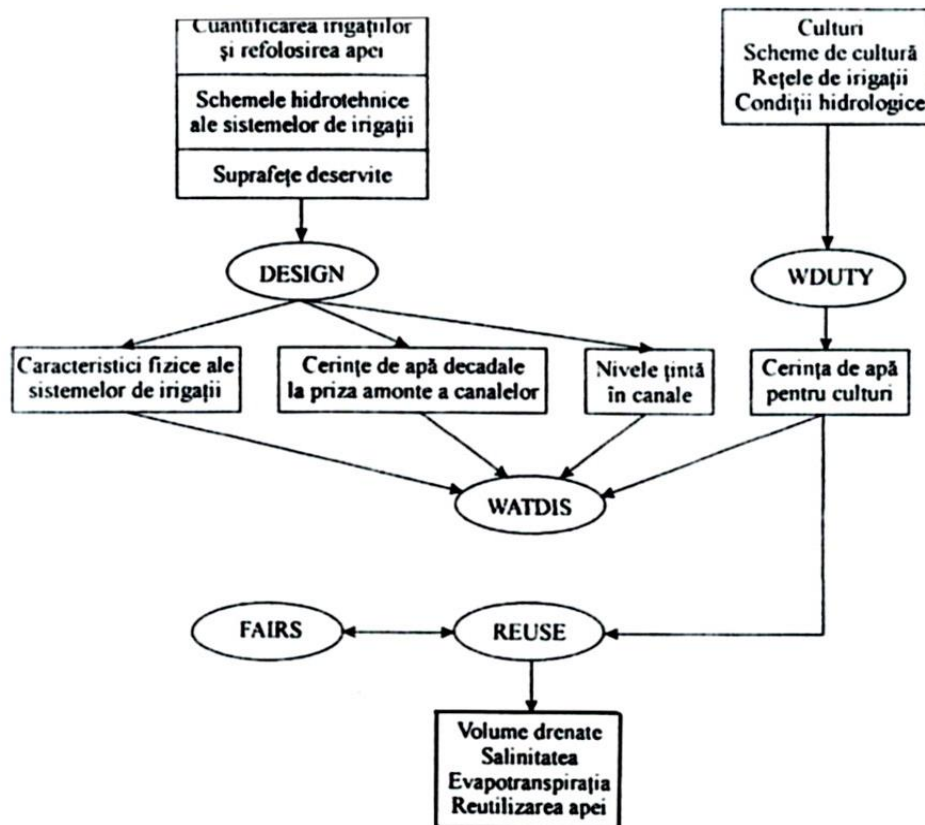


Fig. 6.47. Schema bloc a programului SIWARE

obiect controlat (stație de pompare, stăvilă, vană etc.), de a informa dispecerul despre valorile parametrilor controlați (presiune în rețea, nivele în canale ș.a.) și de a permite acționarea de către centrul dispecer a organelor de execuție controlate (agregate de pompare, stăvilare etc.);

- sistemul bazat pe microcalculator pentru conducerea procesului de irigare care are posibilitatea de a prelua, în timp real, parametrii sistemului „sol – plantă – aer”, care influențează în mod direct regimul de irigare. În funcție de rezultatul prelucrărilor de date, prin intermediul unui algoritm preprogramat, se emite un semnal de comandă pentru declanșarea udărilor;

- sistemul de control computerizat al rețelelor de conducte sub presiune din amenajările pentru irigații (Eden);

- sistemul SCADA pentru monitorizarea și controlul canalelor de irigații. În două districte pentru irigații din Mexic (Yaqui și Delicias) s-a recurs la utilizarea sistemelor de tip SCADA pentru conducerea și operarea automată a canalelor de aducțiune din amenajările pentru irigații. Schema bloc funcțională utilizată pentru controlul stăvililor plane este prezentată în fig. 6.48.

Sistemul SCADA utilizează stații RTU pentru control la distanță și software specializat (Lookout SCADA, produs de Național Instruments Inc.), iar algoritmul de control implementat este de tip PI (proporțional-integral).

AgNET este o rețea agrometeorologică modernă care colectează date de suprafață și din sol, în Carolina de Nord (SUA). Fiecare stație din rețea măsoară mai mulți parametri climatici.

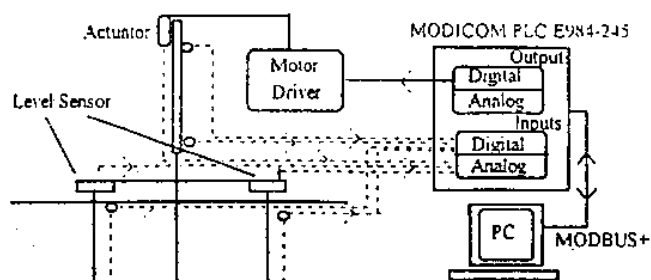


Fig. 6.48. Stăvilă plană cu elementele de control și supervizare

Stația achiziționează datele și le memorează local. Datele culese pe parcursul unei zile sunt transferate la un server central, prin linie telefonică.

Datele de pe server sunt publicate pe Internet și se difuzează și prin alte mijloace.

4/ Sisteme pentru analiza hidrologică și optimizarea gospodăririi apelor la nivel de bazin hidrografic

WMS (Watershed Modeling System) este un mediu de modelare pentru analize hidrologice. El poate fi utilizat pentru crearea modelelor digitale de teren (MNT). După selectarea interactivă de către utilizator a bazinelor și a punctelor de confluență, se pot introduce datele necesare pentru definirea unui model hidrologic HEC-1.

Programul **BASINS** are ca scop promovarea unei evaluări îmbunătățite a surselor de poluare punctuale sau distribuite spațial, la nivelul bazinului hidrografic; de asemenea se urmărește managementul calității apei. Beneficiarul vizat de această aplicație este reprezentat de programul de mediu, în diferite etape de planificare a managementului ecologic și de elaborare decizională. Analizele întreprinse cu **BASINS** se pot derula la scară regională sau la scara unităților administrativ-teritoriale.

Amenajarea hidrotehnică complexă a bazinului hidrografic Gaudalquivir, Spania beneficiază de un sistem automatizat de informații hidrologice (SAIH) în contextul următoarelor obiective:

- furnizarea automată în timp real a informațiilor privind datele climatice, hidrologice, starea infrastructurii hidraulice, a componentelor care condiționează gestiunea, controlul și exploatarea hidraulică a bazinului;

- controlul și optimizarea pe termen scurt a operațiunilor de exploatare a lacurilor de acumulare, canalelor și conductelor principale ale bazinului, atât pentru a satisface cerințele de apă, cât și apărarea împotriva inundațiilor;

- planificarea pe termen mediu a resurselor disponibile în vederea optimizării distribuției acestora către diferiți utilizatori, dispersați, din bazin: irigații, alimentări cu apă, producere de energie, precum și asigurarea debitelor de servitute atât în sistemul de scurgere superficială, cât și în utilizarea comună a resurselor subterane;

- evaluarea pe termen scurt a dinamicii evoluției nivelurilor și debitelor în cursurile de apă ale bazinului și declanșarea automată a sistemului de alarmă care să permită minimizarea pagubelor cauzate de eventualele unde de viitură/inundații.

- Pentru a atinge obiectivele mai sus specificate, sistemul automatizat informațional hidrologic – SAIH – este format din două componente principale:

- o rețea automată de măsură și transmitere a informațiilor în timp real, de la punctele de control repartizate în tot bazinul până la centrul de procesare, localizat la Sevilla;

- echipamentul de stocare și prelucrare a datelor, din cadrul centrului de procesare și din centrele zonale, care include un sistem de calculatoare prin care se pot stoca, prelucra și transmite deciziile rezultate în timp real și pe lungă durată, astfel încât să se asigure o evaluare corectă a comportamentului sistemului hidrologic.

Sistemul de transmisii de date se bazează pe comunicația prin satelit (fig. 6.49) realizează cu ajutorul satelitului HISPASAT 1A.

5/ Tehnologii informatice utilizabile în domeniul irigațiilor și gospodăririi apelor

Tehnologiile informatice sunt prezente, sub diverse aspecte, în fiecare dintre exemplele analizate. Controlul și dirijarea apei în sistemele de irigații automatizate, de la nivelul hidrantului și până la dispeceratul computerizat al amenajărilor complexe, beneficiază de aportul sistemelor computerizate. Tot cu ajutorul TI se realizează astăzi monitoringul hidrologic, hidrometeorologic, agricol sau de mediu. Modelarea, simularea sau optimizarea cu ajutorul calculatorului pentru aplicarea udărilor, drenaje, hidraulică, hidrologie, hidrogeologie, reprezintă în prezent mijloace obișnuite și tot mai larg răspândite.

Conceptul comun în această arie de probleme este acela de sistem informatic.

Realizarea sistemului informatic reclamă mai multe faze (etape):

- etapa de elaborare a temei de realizare ;
- etapa de realizare a concepției sistemului informatic (arhitectura sistemului);
- etapa de întocmire a proiectului de execuție ;
- etapa de utilizare efectivă (exploatare curentă și întreținere) a sistemului informatic.

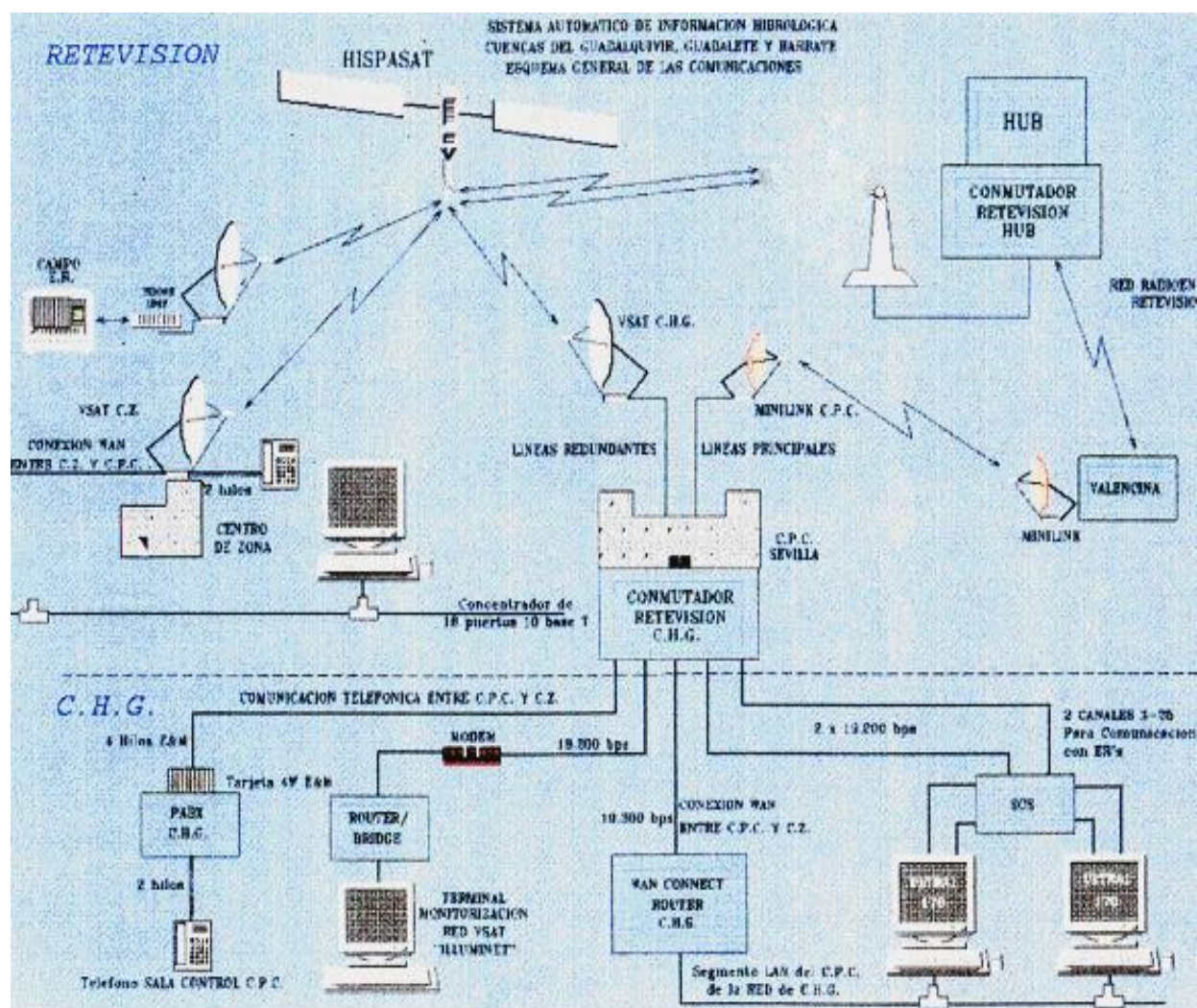


Fig. 6.49. Sistemul de comunicații de date prin satelit al rețelei automatizate de informații hidrologice din bazinul Guadalquivir

Un interes deosebit îl reprezintă **sistemele de asistare a deciziilor**. SSD este un sistem informatic, având ca misiune facilitarea activității decidenților aflați pe diferite niveluri de conducere (de la supravegherea proceselor tehnologice până la conducerea politică și a întreprinderilor transnaționale), în sensul de a lua decizii mai bune (mai eficiente).

Dezvoltarea și aplicarea sistemelor expert (SE) pornește de la definirea cu claritate a obiectivelor acestuia, cu specificarea și respectarea unor criterii ale aplicației, organizării, mijloacelor de realizare și utilizatorului final al acestuia.

Dezvoltarea Sistemelor Informaționale Geografice, operaționale la diferite niveluri (regional, intermediar și local), se concentrează în prezent asupra problemei corelării înaltului potențial al acestor sisteme cu volumul de date disponibile.

Eficacitatea tehnicilor de teledetecție (fotografe aeriene sau imagini satelitare) derivă din faptul că ele furnizează date sinoptice, multitemporale și multispectrale (anumiți sateliți), relativ ieftine.

6/ Concluzii

Studiul întreprins cu privire la o serie de aplicații informatice dedicate domeniului irigațiilor și gospodăririi apelor s-a efectuat avându-se în vedere selectarea unor tipuri reprezentative de programe, sisteme, echipamente și tehnologii informatice.

Orientarea principală în crearea de software specializat vizează realizarea unor **modele deterministe complexe**, care să reproducă, cu o marjă de eroare acceptabilă din punct de vedere tehnic, fenomenul/ fenomenele modelate. Aceste modele necesită o adaptare pentru fiecare context hidrogeologic și pedoclimatic în parte, respectiv o activitate de **validare** și **calibrare** pentru condițiile locale în care este aplicat.

Există un mare potențial de aplicare a unor tehnologii informatice de tip DSS-SE în domeniul irigațiilor și gospodăririi apelor. Acest potențial este, cu foarte mici excepții, insuficient exploatat.

În prezent o tehnologie viabilă în domeniul irigațiilor și gospodăririi apelor este reprezentată de GIS

și TS care se dezvoltă în toate domeniile conexe cu teritoriul și resursele naturale, reprezentând un mijloc eficient de modelare a interacțiunilor la scară regională și/sau globală.

Cerințele de date au un rol esențial în toate aplicațiile. Datele parțiale pot fi completate în unele situații cu ajustări obținute prin modele matematice. Datele „naturale” trebuie verificate, sortate și testate cu mijloacele matematice corespunzătoare.

6.3. AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE ÎN DOBROGEA: NAVIGAȚIE, ENERGIE, HIDRAULICO-AGRARE (IRIGAȚII), AXATE PE CANALUL DUNĂRE – MAREA NEAGRĂ (C.D.-M.N.)

6.3.1. STUDII ȘI REALIZAREA UNUI CANAL MAGISTRAL CU ROL TRIPLU PRIORITAR: NAVIGAȚIE, IRIGAȚII ȘI ALIMENTĂRI CU APĂ ÎN SCOP ENERGETIC CANALUL DUNĂRE – MAREA NEAGRĂ (C.D. – M.N.). EXEMPLU

Canalul Dunăre – Mare reprezintă materializarea în concepții și soluții moderne a unor vechi preocupări ale specialiștilor secolului trecut (Ion Ionescu de la Brad) și ale celor din primele decenii ale secolului XX (Pompiliu Nicolau și Aurel Bârglăzan).

C.D.–M.N. asigură:

- legătura pe apă între Dunăre, la Cernavodă și Marea Neagră, la Agigea;
- irigarea unei suprafețe de 197.300 ha Sistemul de Irigații Carasu;
- alimentarea cu apă a Centralei Atomo-electrice Cernavodă.

Realizarea acestui obiectiv a impus resistemizarea hidrolică complexă a întregului teritoriu. Sistemul de irigații Carasu (fig. 6.50) s-a executat în perioada 1967-1972 (proiectant I.S.P.I.F. București, executat T.C.I.F. Constanța), având priza de apă gravitațională la Dunăre, la Cernavodă ($Q = 147 \text{ m}^3/\text{s}$). După două pompări, pe traseu (la km 18, cu: $Q_i = 120 \text{ m}^3/\text{s}$ și $H_p = 4,5 \text{ m}$ și la Poarta Albă – km 40, cu $Q_i = 80 \text{ m}^3/\text{s}$ și $H_p = 20 \text{ m}$) apa este ridicată la Basarabi Pădure ($Q_i = 76 \text{ m}^3/\text{s}$ și $H_p = 65 \text{ m}$) pe Podișul Dobrogei. De aici, printr-un canal magistral (C. Negru Vodă), apa ajunge la frontiera cu Bulgaria, irigând și alimentând cu apă întreaga suprafață a Dobrogei de Sud.

Construirea Canalului Dunăre – Marea Neagră,

cu rol complex are ca traseu anterior de irigații Carasu de la Cernavodă, până la Basarabi, continuându-se până la Marea Neagră – Agigea.

În figura 6.51 se pot urmări: traseul, cu bornarea distanțelor și aliniamentelor, precum și raporturile de cote între Dunăre – Mare și zona străbătută de canal.

Sub coordonarea proiectantului general I.P.T.A.N.A. (Institutul de Proiectări pentru Transporturi Auto, Navale și aeriene din Ministerul Transporturilor – România) s-au efectuat cercetările care au fundamentat soluțiile tehnice, dimensiunile, caracteristicile funcționale ale Canalului Dunăre – Marea Neagră și ale construcțiilor și instalațiilor aferente.

Problema prezentând importanță pentru proiectanții marilor sisteme de irigații, ale căror canale magistrale vor avea funcții complexe (gen Canalul Siret – Bărăgan), se vor prezenta – în continuare – datele de bază ale soluțiilor și cercetărilor pentru C.D.–M.N. (figurile 6.51-6.61, după publicația I.C.H. „Studii – vol. XXIX” – 1982, coordonator și autor dr. doc. ing. S. Hâncu).

Cercetările au fost întreprinse (1973-1982) pe instalații experimentale și modele hidraulice de mari dimensiuni, pe modele de calcul, folosind calculatoare electronice, precum și măsurători directe, pe convoaie de pe fluviul Dunărea, de către I.C.H. (Institutul de Cercetări Hidrotehnice București), I.P.T. (Institutul Politehnic Timișoara) și I.S.P.H. (Institutul de Studii și Proiectări Hidroenergetice București) și I.P.I. (Institutul Politehnic Iași – L.I.D.)¹⁾

Obiectivele cercetărilor au fost vaste și de o mare diversitate: cercetări hidraulice, cercetări geotehnice, calitatea materialelor de construcție folosite, tehnologii de execuție, aparatură de control pentru stabilitatea construcțiilor ș.a.

Cercetările s-au efectuat²⁾ pentru două faze:

- la nivel de studiu tehnico-economic, când au fost analizate 2 variante : 1° canalul cu două biefuri interioare (3 ecluze) și 2° canalul cu un singur bief interior (2 ecluze). S-a adoptat varianta 2°, cu un singur bief interior, care permite folosirea complexă a canalului (arteră de navigație, aducțiune pentru alimentări cu apă, irigații, hidroenergie, evacuator gravitațional de ape mari ș.a.). Aceste mari avantaje ale variantei a 2° a presupus dificultățile de execuție în zona aval (Basarabi) unde excavațiile ajung la adâncimi de 75 m în loessuri, argile, calcare și crete;

- la nivel de proiect de execuție și ulterior s-au detaliat și optimizat elementele variantei adoptate (2°).

¹⁾ Laboratorul de Irigații și Drenaje (Facultatea Hidrotehnică).

²⁾ Studii I.C.H. și I.C.C.P.D.C. vol., XXIX (prof. dr. doc. Simion Hâncu), 1982.

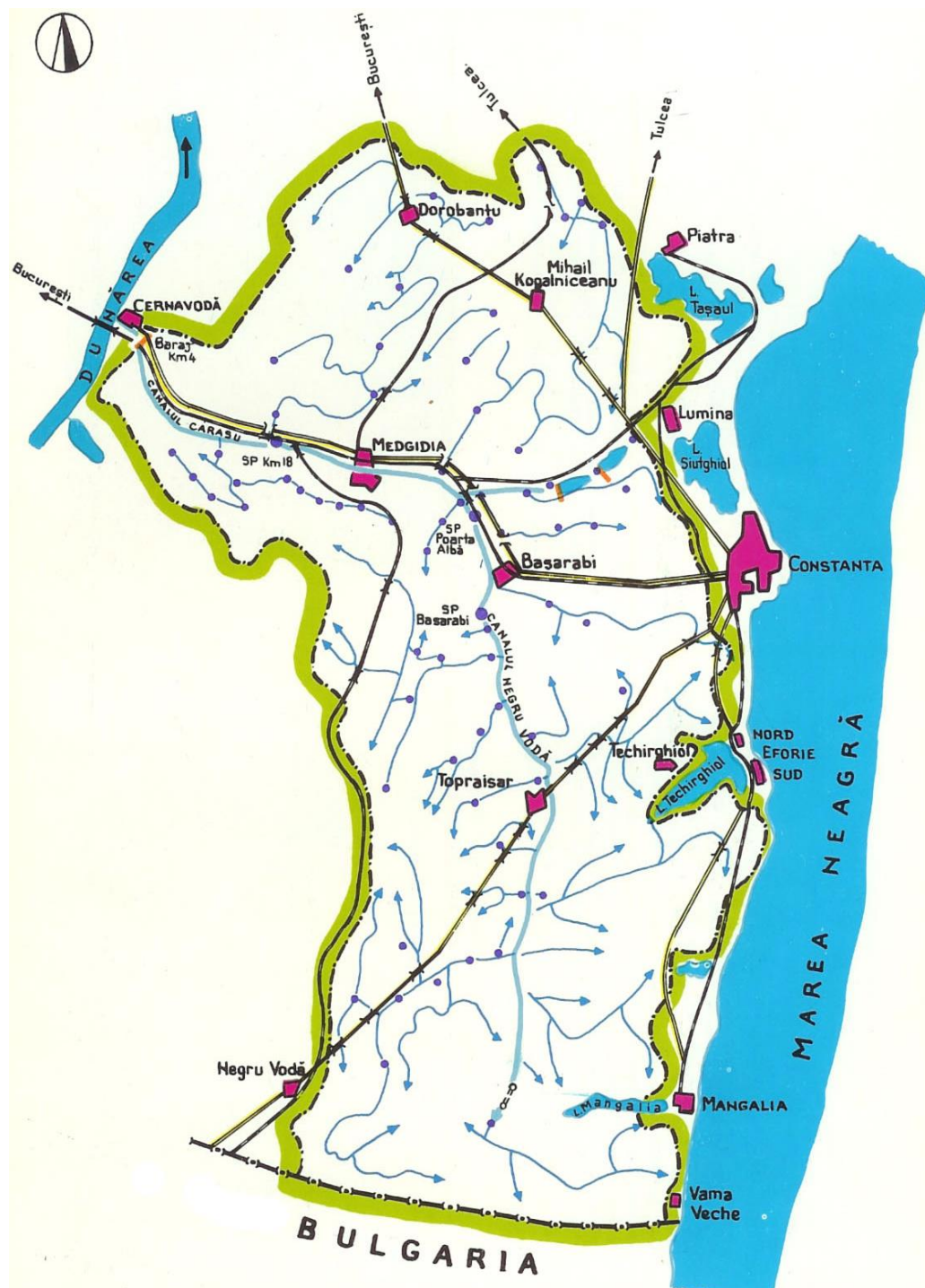


Fig. 6.50. Sistemul de irigații Carasu

Cercetările hidraulice s-au referit la:

1° **Caracteristicile curgerii apelor** (pe Dunăre în regim îndiguit și în regim barat, în zona de priză a canalului).

2° **Secțiunea transversală a canalului** (atât pentru navigație pe un fir, cât și pentru navigația pe două fire).

În acest caz se iau în calcul:

- rezistența în înaintare și viteza de deplasare a

convoaielor de nave (2x 3.000 t, 4x3.000 t, 6x 3.000 t);

- stabilitatea circulației convoaielor de nave la întâlniri și depășiri;

- oscilația nivelului apei în canal, datorate undelor de ecluzare;

- afundarea dinamică a navelor și rezerva minimă a pilotului;

- viteza inversă și viteza maximă admisibilă a curentului de apă în secțiunea convoiului;

- valorile și denivelările suprafeței libere a apei în canal produse de vânt;

- depunerile de aluviuni în canal.

Cercetările referitoare la secțiunea transversală a canalului s-au efectuat pe modele de calcul și două modele hidraulice de mari dimensiuni (unul la scara 1/25 și altul la 1/7), fiecare în lungime de 220 m, cu nave autopropulsate cu om la bord (fig. 6.52).

Din secțiunile minime, din punct de vedere hidraulic, a canalului au rezultat (fig. 6.53):

a. sectorul Cernavodă-Basarabi,

b. sectorul Basarabi-Agigea

a. *Două fire de circulație*

- Sectorul Cernavodă – Basarabi: $b_{fund} = 70$ m; $h = 5,5-6$ m; $m = 4,5$;

- Sectorul Basarabi – Agigea: $b_{fund} = 90$ m; $h = 5,5-6$ m; $m = 0,2$;

b. *Un fir de circulație*

- Sectorul Cernavodă – Basarabi : $b_{fund} = 45$ m; $h = 5,5-6$ m; $m = 4,5$;

- Sectorul Basarabi – Agigea: $b_{fund} = 60-65$ m; $h = 5,5-6$ m; $m = 0,2$.

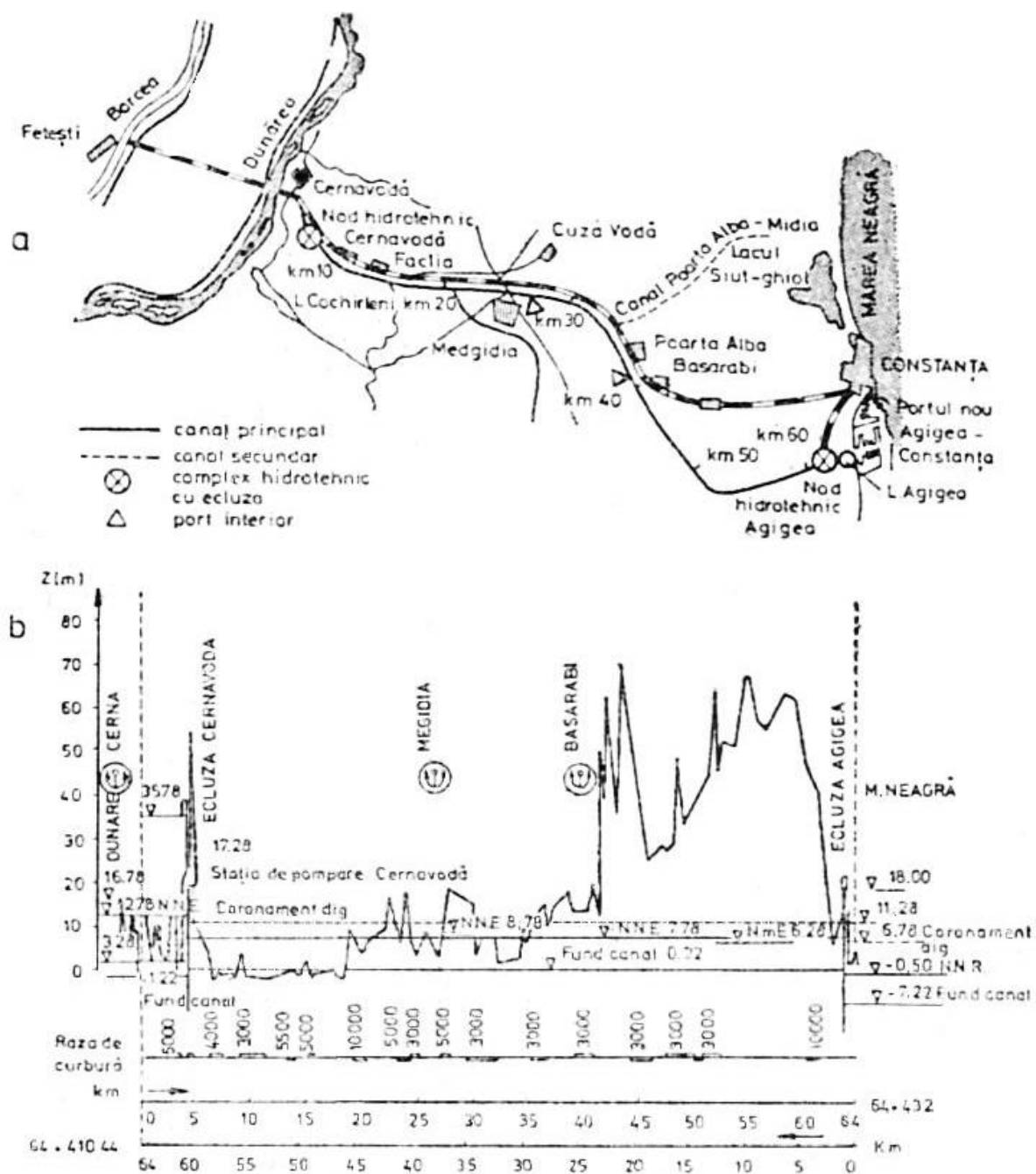


Fig. 6.51. Canalul Dunăre – Marea Neagră: a) traseul cu zonele adiacente; b) profilul longitudinal, varianta adoptată

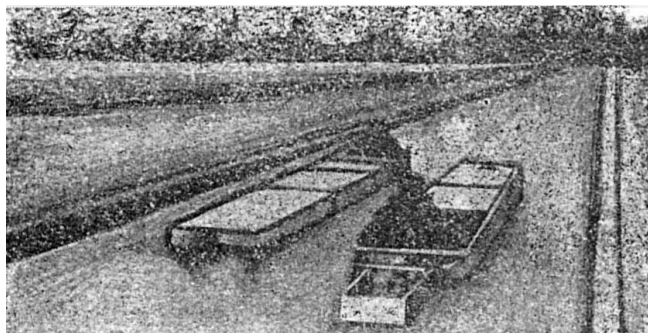


Fig. 6.52. Modelul canalului și convoiului la scara 1/25 (întâlnirea a două convoaie)

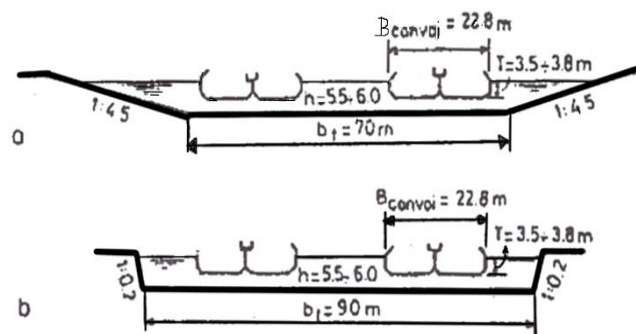


Fig. 6.53. Secțiune transversală minimă a canalului

Lățimea minimă (B) a canalului în curbă, ținând seama de faptul că raza minimă a curbei (R) este de 3.000 m, măsurată la nivelul chilei convoiului de 6 x 3.000 t, a fost stabilită: $B = 120$ m pentru $R = 3.000$ m; $B = 112,5$ m pentru $R = 4.000$ m; $B = 108,0$ m pentru $R = 5.000$ m; $B = 99,0$ m pentru $R = 10.000$ m. Adâncimea curentului $h = 5,5$ m corespunde barjelor cu pescaj $T = 3,5$ m. Pentru barjele cu pescaj $T = 3,8$ m este indicat să se adopte $h = 6,0$ m. Proiectantul I.P.T.A.N.A. a adoptat adâncimea apei în canal $h = 7,0$ m.

Cercetările referitoare la viteza de circulație a convoaielor de nave au condus, pentru secțiunile minime adoptate și condițiile de debit nul pe canalul:

a/ Două fire de circulație ($h = 7$ m; $b_{fund} = 90$ m; $m = 0,2$):

$V = 8,65$ km/h pentru: convoi 6x3.000 t; $T = 3,8$ m; $N = 2.400$ CP;

$V = 10,75$ km/h pentru: convoi 4x1.500 t; $T = 2,5$ m; $N = 1.640$ CP.

b/ Un fir de circulație ($h = 7$ m; $b_{fund} = 65$ m; $m = 0,2$):

$V = 8,35$ km/h pentru: convoi 6x3.000 t; $T = 3,5$ m; $N = 2.400$ CP;

$V = 10,25$ km/h pentru: convoi 4x1.500 t; $T = 2,5$ m; $N = 1.640$ CP, fiind: h – adâncimea apei în canal; b_{fund} – lățimea canalului de fund; m – panta taluzurilor; V – viteza convoiului de nave; T – pescajul navei; N – puterea împingătorului.

Cercetările ample au fost efectuate și asupra oscilațiilor nivelului și vitezei apei în canal, produse de undele de ecluzare, asupra depunerilor de aluviuni în canal, precum și asupra valurilor și denivelărilor suprafeței libere a apei provocate de vânt.

3° Priza de apă a canalului

La Dunăre și condițiile de navigație la intrarea în canal și în portul Cernavodă, au fost studiate pe model hidraulic la scara 1/125 care a cuprins un sector din albia Dunării de circa 3 km lungime.

- Problemele de detaliu (ale portului Cernavodă, precum și structura curentilor în priză) au fost studiate pe un model hidraulic la scara 1/50.

- Navigația convoaielor în zona gurii de intrare, ca și dispoziția în plan a portului Cernavodă s-au studiat tot pe modelele la scări reduse.

4° Nodurile hidrotehnice

Nodurile hidrotehnice de pe traseul canalului (porturi de așteptare – ecluze, canale de ocolire, stăvile și stații de pompare) s-au studiat tot pe modelele hidraulice, aprofundându-se următoarele aspecte:

- cinematica curgerii apei în zona nodurilor hidrotehnice;

- navigația convoaielor de nave (6x3.000 t), în porturile de așteptare și la ecluzări;

- staționarea navelor la diverse distanțe de ecluze ș.a.

S-au întreprins astfel de încercări experimentale pe modele pentru:

- Nodul hidrotehnic Cernavodă (modele la scara = 1/25);

- Nodul hidrotehnic Basarabi (modele la scara = 1/30 și 1/25);

- Porturile Medgidia și Basarabi (model la scara = 1/100).

5° Ecluza de la mare (Agiea)

Ansamblul hidrotehnic Agiea (fig. 6.54) a fost studiat din punct de vedere hidraulic cu privire la:

- sistemul de alimentare și evacuare a apei din sasul ecluzei;

- fenomenul de amestec apă sărată – apă dulce;

- porturile de așteptare;

- construcțiile de ghidare a convoaielor de nave la intrarea în ecluză;

- sistemul de evacuare a apelor mari din canal în timpul viiturilor;

- funcționarea microhidrocentralelor de pe galeriile laterale ș.a.

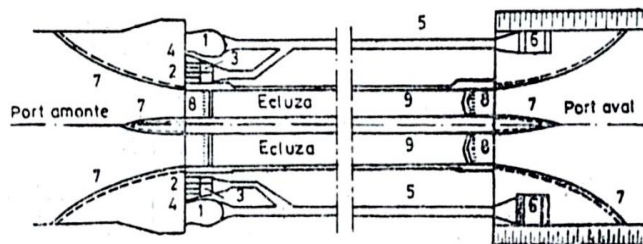


Fig. 6.54. Ansamblul hidrotehnic Agiea:

1 – microhidrocentrală; 2 – sifoane; 3 – bazin de debaraj; 4 – galerie de reglaj; 5 – galerie de evacuare; 6 – construcție de ghidare; 7 – ecran pneumatic; 8 – portale; 9 – ecluză

Cercetările s-au efectuat în două etape, pe modelele hidraulice la scara 1/35 și 1/25 și prin calcule.

În figura 6.55 sunt prezentate liniile de curent în timpul funcționării sifoanelor și ecluzării.

6° Racordarea canalului cu acvatoriul portului maritim nou Constanța-Agiea

Cercetările au fost efectuate pe modelele hidraulice la scările 1/125 și 1/50, pentru soluționarea:

- traversării lacului Agiea;

- racordării canalului cu portul Constanța – Agiea;

- condițiile de navigație la gura Agiea.

Varianta promovată în proiectare, cu privire la racordarea canalului cu acvatoriul portului maritim

dițiile la limită și inițiale cu condițiile de racordare determinate:

$$\frac{de}{dx} + \frac{1}{g \cdot w} \cdot \frac{dQ}{dt} + \frac{2Q}{g \cdot w^3} \cdot \frac{dQ}{dx} - \frac{Q^2}{g \cdot w^2} + \xi \frac{Q^2}{h^2} = 0 \quad (1)$$

$$B = \frac{de}{dt} + \frac{dQ}{dx} = 0 \quad (2)$$

Mișcarea nepermanentă a convoaielor de nave este descrisă de ecuația:

$$\left(\frac{D}{g} + \frac{D_i}{g} + \lambda \right) \frac{da}{dt} = \frac{nN}{a} - R - Di - \frac{dz}{dx} \sin g \left(\alpha, \frac{dz}{dx} \right) \quad (3)$$

La ecluze debitul are expresia:

$$Q(h) = \mu \omega_0 \sqrt{2gh} \quad (4)$$

unde h se determină cu ecuația :

$$\frac{As}{\sqrt{2g}} \cdot \frac{dh}{\sqrt{h}} = \mu dt \quad (5)$$

În relațiile 1 ÷ 5 termenii au semnificația:

$\xi = 1$ pentru $Q > 0$ și $\xi = -1$ pentru $Q < 0$ (sens contrar scurgerii);

D – deplasamentul convoiului;

D_i – deplasamentul împingătorului;

λ – masa aditivă a convoiului;

$\alpha = v + v_i$ – viteza convoiului raportată la particulele de apă din vecinătate,

$v = v_n + v_c \sin g (v_n, v_c)$;

v_n – viteza absolută a convoiului;

v_c – viteza curentului de apă în canal, rezultă din sistemul de ecuații (1) și (2);

N – puterea împingătorului;

R – rezistența hidrodinamică a convoiului dată de ecuația $R_{cv} = R_a(v + v_c)$;

i – panta hidraulică a curentului invers, care se calculează cu ecuația lui Chézy.

În secțiunea convoaielor de nave, în loc de $\omega(h)$ avem $\omega(h - \Delta h) - \Delta\omega$ și în loc de $P(h)$: $P(h - \Delta h) - \Delta P$.

P – perimetrul muiat al canalului.

Ecuațiile (1), (2), (3), (4) și (5) și cele ce exprimă rezistența la înaintare $R_{cv} = R(v + v_i)$, denivelarea medie în secțiunea convoiului, redată prin ecuația Bernoulli $[v^2/2g + h = (v + v_i)^2/2g + h - h]$ și ecuația de continuitate: $v\omega(v + v_i)$ ($\omega = \Delta\omega - x$), în care: x reprezintă aria secțiunii (fig. 6.57), au fost rezolvate prin diferențe finite, folosind calculatoarele electronice. Au fost simulate numeroase

situații, atât constructive, cât și funcționale.

Rezultatele calculelor de simulare numerică, detaliate în etapa a II-a au, indicat de exemplu:

- viteza convoaielor de nave, viteza apei, viteza inversă în secțiunea navei, ca în figura 6.58 (pentru bieful Cernavadă – Agigea și de 4x5.000 t, $T = 5,5$ m);

- circulația convoaielor de diferite mărimi, care are loc fără aglomerări, deși bieful are $L > 60$ km, datorită faptului că viteza nu diferă mult de la un convoi la altul (fig. 6.59).

- variațiile nivelurilor maxime și minime, precum și a vitezelor apei (maximă și minimă) în lungul canalului;

- fenomenele ce se produc la suprapunerea viiturilor cu debitele descărcate de Centrala Nucleară Electrică Cernavodă ($Q = 212 \text{ m}^3/\text{s}$) și evacuarea lor numai prin sifonare;

- condițiile în care are loc exploatarea rațională a canalului la ape mari, în concordanță cu sistemul de evacuare al ecluzei Agigea;

- fenomenele tranzitorii ce apar în canal și debitul de evacuat, ce se iau în considerare la stabilirea cotelor de amorsare și dezamorsare automată a sifoanelor.

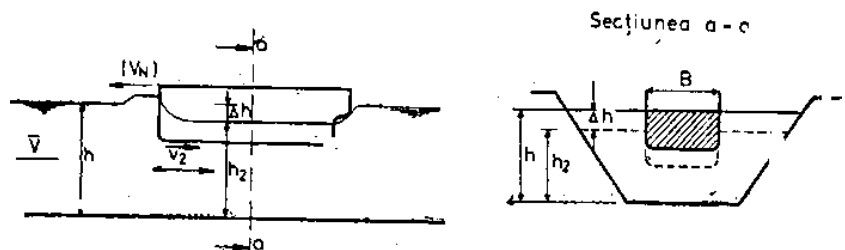


Fig. 6.57. Denivelarea suprafeței totale a apei în zona convoiului

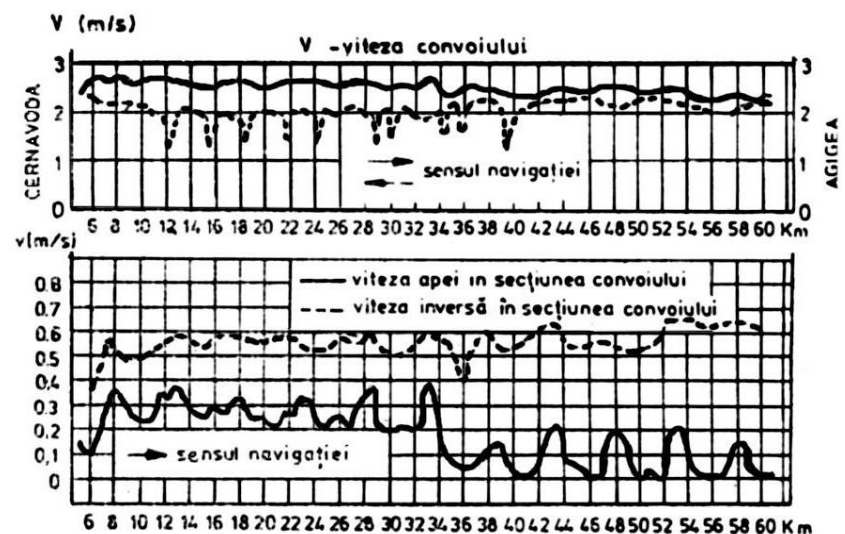


Fig. 6.58. Circulația convoaielor în barje (4 x 5 000 t; $T = 5,5$ m) în bieful Cernavadă – Agigea

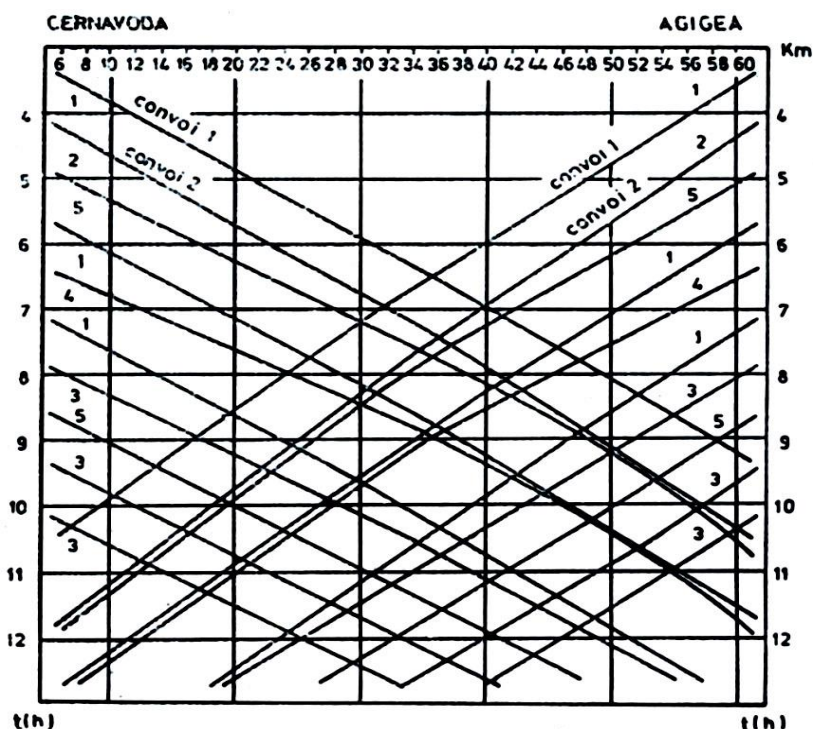


Fig. 6.59. Spațiile parcurse în timp de convoaie de nave: 1. 6×3.000 t; $T = 3,8$ m; $N = 24.000$ CP; 2. 4×5.000 t; $T = 5,5$ m; $N = 24.000$ CP; 3. 2×1.500 t; $T = 2,5$ m; $N = 600$ CP; 4. 4×1.500 t; $T = 2,5$ m; $N = 1.640$ CP; 5. 6×1.500 t; $T = 2,5$ m; $N = 1.640$ CP.

9° Debitmetria canalului și captarea apei la Centrala N.E. Cernavodă

În laboratoarele catedrei de Construcții Hidrotehnice și Îmbunătățiri Funciare, la institutul Politehnic Timișoara, s-au întreprins cercetări, pentru realizarea Canalului Dunăre – Marea Neagră, cu privire la:

10° Studiul economic și hidraulic al ecluzelor – cu bazine economizoare în varianta cu bief de creastă la Murfatlar – canal cu 2 biefuluri interioare.

11° Studiul privind eforturile în parâmele de legare ale convoiului de calcul

12° Studiul navigației convoaielor împinse în zona ecluzelor și a porturilor de așteptare.

13° Limitarea fenomenelor hidraulice

Fenomenele cauzate de funcționarea în regim tranzitoriu a hidrocentralelor și a evacuatoarelor de viitură, în porturile de așteptare ale ecluzei.

14° Prevenirea și combaterea salinizării apei canalului¹⁾

La ieșirea la mare, pătrunderea apei sărate din mare în canal (prin procesele de ecluzare de la Agigea),

a format obiectul unui studiu amplu, pe trei modele reduse, la scările 1/50, 1/40 și 1/25. Posibilitatea salinizării o creează ecluza Agigea, la umplerea sasului, când apa sărată din mare este adusă la nivelul apei din canal.

Apoi, la deschiderea porților amonte, odată cu pătrunderea convoiului în canal pătrunde și apa salmastră, ca urmare a tendinței de stratificare pe orizontală.

S-a ajuns la concluzia că măsura indicată este reducerea la minimum posibil a concentrației apei salmastre din sas, care este sursa poluantă.

Procedeul tehnic de reducere a concentrației apei salmastre sub valoarea admisă de 0,5% (respectiv 0,5 g/l) constă în evacuarea gravitațională – de fund a apei sărate din sas în bieful aval, concomitent cu alimentarea – la nivelul aval – cu apă dulce a sasului din bieful amonte (după principiul ecluzei Mardyk), dar cu circuitele inversate.

Condițiile impuse s-au putut realiza dacă $Q_{af} < Q_{ef}$; în care Q_{af} , Q_{ef} reprezintă debitele afluent și efluent în/din sas.

Tabloul hidraulic al umplerii (cu legile de manevrare a vanelor V_1 și V_2), pentru a obține un debit de umplere constant, pe o durată cât mai lungă, ca și evacuarea corespunzătoare a apei sărate, se vede în figura 6.60.

În figura 6.61 se dau diagramele de distribuție a salinității pe verticală, obținute la sfârșitul perioadei de umplere și care arată că la umplerea – golirea concomitentă (curbele 1 și 3) se obțin concentrații sub 0,5%.

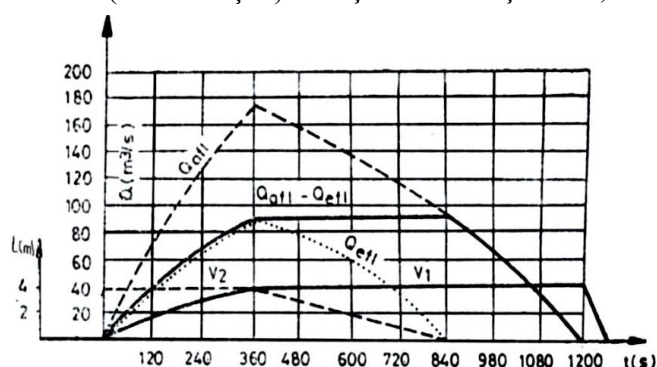


Fig. 6.60. Tabloul hidraulic (umplere/evacuare)

În laboratoarele Institutului de Studii și Proiectări Hidroenergetice (I.S.P.H.) București, s-au întreprins cercetări pentru realizarea Canalului Dunăre – Marea Neagră, cu privire la:

15° Studii hidraulice pentru ecluza Cernavodă detaliera sistemului de alimentare, care s-a efectuat pe un model hidraulic la scara 1/40.

¹⁾ Din Cercetări Hidraulice efectuate în Institutul Politehnic Timișoara (prof. M. Bala, prof. E. Dan și șef lucrări A. Bicov, 1982)

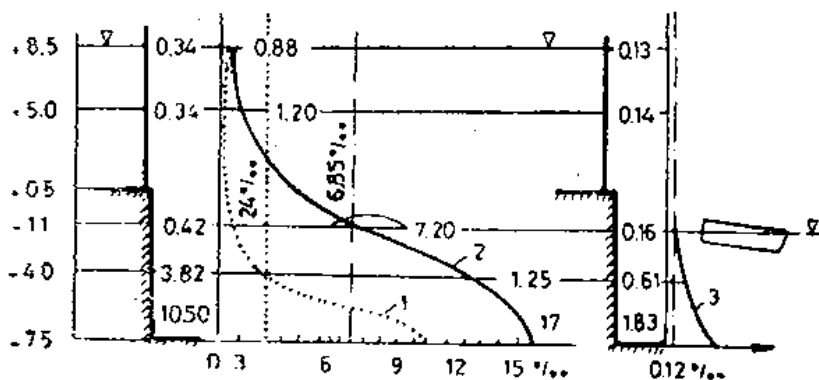


Fig. 6.61. Diagrame de distribuția salinității: a – umplere cu golire concomitentă, fără vas în ecluză; b – umplere obișnuită, fără vas în ecluză; c – umplere cu golire concomitentă, vas în ecluză

16° Studii hidraulice pentru ecluza Agigea – detalieră parametrilor funcționali ai ecluzei s-au întreprins pe model redus, la scara 1/40.

Pentru studiul posibilităților de a împiedica pătrunderea apei sărate în canal, la ecluza Agigea, s-au făcut măsurători cu apă de mare și cu soluție de sare de bucătărie, puse în sasul ecluzei la începutul umplerii.

În timpul experimentărilor, apa dulce din bieful amonte avea o concentrație minimă de săruri de 0,36-0,5%, în timp ce apa sărată din bieful aval avea 16-17%.

Folosind mai multe scheme de alimentare, s-a ajuns la următoarele rezultate:

- în cazul alimentării sasului fără golire concomitentă în bieful aval, concentrația în sare a fost de 1,75-3,1% în straturile de suprafață și 12,3-15% în cele de fund;

- în cazul alimentării sasului cu evacuare concomitentă a apei sărate în bieful aval, concentrația finală a rezultat de 0,85-1,5% în straturile de suprafață și 3,1-5,1% în straturile de fund.

În dreptul orificiilor de deversare a apei dulci la sas s-a făcut simțită existența unei zone de amestec violent. Umplerile și golirile au fost determinate pentru două căderi de 9,6 m și 8,5 m, adică pentru nivelul în canal de 8,5 mdM și două niveluri în mare $\pm 0,00$ mdM și - 1,10 mdM și doi timpi de ridicare a vanelor cu viteză constantă, respectiv 3 și 4 minute.

17° Captarea apei pentru Centrala Atomo-electrică de la Cernavodă, de pe Dunăre

1/ Aspecte introductive privind înscrierea centralelor electrice – clasice și nucleare în soluția hidrotehnică a canalelor magistrale de navigație – energie și irigații

Studiile cu caracter hidrotehnic au importanță destul de mare avându-se în vedere debitele foarte mari de apă pe care le solicită aceste centrale, precum și

condițiile de amplasare și exploatare vizavi de marile prejudicii ce pot fi aduse în caz de defecțiuni la prizele de apă, ca și la evacuări.

Avându-se în vedere acțiunile ce se întreprind în țară, în acest domeniu, se vor da în continuare unele date informative privind corelarea soluțiilor de irigare – navigație și centrale termo și atomoelectrice.

În cele mai frecvente cazuri aceste centrale valorifică – pentru amplasare – condițiile create de realizarea sau existența unui canal de navigație, de irigație sau cu folosințe complexe (exemplu Centrala Nucleară Electrică – C.N.E. Cernavodă, Centrala nucleară Bugey sau Fessenheim).

În studiile ce se întreprind pe modele reduse ($S = 1/50 - 1/125$) și pe modele matematice se urmărește găsirea unor soluții optime de priză de apă (de răcire a C.N.E.), de traseu și de formă de racord a canalului de ocolire (în cazul navigației cu ecluze), de condițiile de acces uniform al apei la stația de pompare amplasată pe canalul de priză, de încălzire pe timp de iarnă a apei prelevată de către C.N.E. din canalul magistral, de protecție a prizei de apă contra proceselor de aluvionare și eroziune, de descărcare a apei calde în perioade fără sau cu viituri etc.

Modelele matematice trebuie să simuleze ansamblul privind formarea, transformarea și tranzitarea undelor de viitură, ca și circulația, dispecerizarea canalelor navigabile și de irigații – surse de apă pentru C.N.E.

Pe lângă un studiu riguros hidrotehnic în secțiunea de captare, în diverse regimuri de curgere, se acordă un rol deosebit regimului aluvionar.

Scările folosite în modelare, în mod curent, sunt:

- 1/125 – pentru studiul interacțiunii globale priză – râu (canal);

- 1/50 – pentru probleme de detaliu, în care se încadrează și structura curenților în zona prizei de apă (fig. 6.62).

Cercetările pe modelele reduse asupra prizei trebuie să ofere mai întâi date cu privire la volumul aluviunilor care se depun în priză, în regim îndiguit sau în regim barat. Pentru priza Cernavodă studiile au indicat un volum dublu de aluviuni în regim barat, comparativ cu situația din regim îndiguit ($35.000 \text{ m}^3/\text{an}$).

Pentru a se evita fenomenul de colmatare, soluția prizei se poate adopta în diverse variante, optim fiind indicată numai în urma studiilor pe modele.

Pentru a se reliefa soluțiile de înscriere a C.N.E. în schema hidrotehnică a sursei de apă (canal de irigații, navigație sau cu rol mixt), se vor prezenta în continuare câteva exemple de prize (și evacuare) prin derivație, în aliniament și în canal curb.

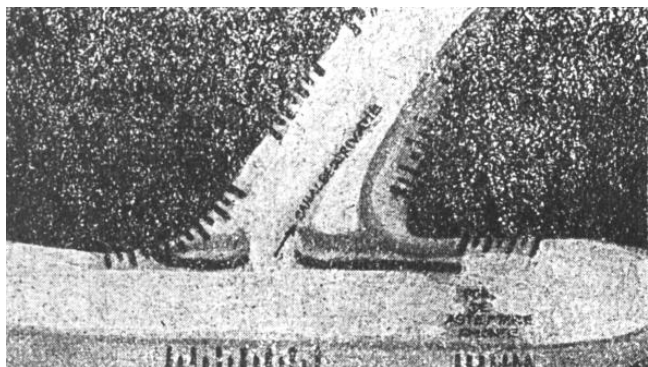


Fig. 6.62. Model hydraulic pentru studiul structurii curenților în zona de ramificație a canalului de ocolire a ecluzei Cernavodă, cu construcții de ghidare (I.C.H.)

Pentru C.N. Fessenheim a fost adoptată soluția captării din canal prin intermediul unui dig longitudinal insubmersibil, continuat cu un pinten de dirijarea curenților, prin care s-a realizat un buzunar de captare.

În canalul de ocolire, din care se captează apa pentru C.N.E. Cernavodă, s-a adoptat soluția de priză cu un canal ce face un unghi de 120° cu direcția sursei (Dunărea), cu m o l la intrare de diverse lungimi, în trepte submersibile la diferite niveluri (fig. 6.63 și v. fig. 6.50).

Molul realizat în trepte succesive prezintă o serie de avantaje (autodragare parțială la priză, cu reducerea debitului de aluviuni în captare și adâncimi sporite la intrare), dar și o serie de efecte negative, ca: limitarea debitului de apă captat la niveluri mici în sursă, precum și obstacole pentru navigație.

Cercetările s-au efectuat (I.C.H.) pe două modele hidraulice, la scara 1/25, unul pentru partea amonte – ecluză și altul pentru partea aval – ecluză.

În procesul de exploatare însă o serie de ani (de exemplu 2001-2003) au apărut o serie de dificultăți, la captare.

Debitul posibil de captat din Dunăre s-a scontat a fi de $300 \text{ m}^3/\text{s}$ la niveluri mici (3,00 mMB). Cercetările ulterioare pe modele reduse pentru C.N.E. Cernavodă vor indica oportunitatea coborârii patului albiei canalului în zona prizei, în scopul măririi debitului captat (cu circa 10%) la ape mici pe Dunăre.

Pentru Centrala Nucleară Chinon, priza s-a făcut la malul râului, într-o concavitate, care, împreună cu dirijarea realizată prin peretele longitudinal continuat cu un pinten, asigură captarea apei și la niveluri scăzute.

Cercetările pe modele reduse sunt de un real sprijin pentru proiectant și în fixarea soluțiilor de evacuare a debitelor de apă caldă provenită de la centralele nucleare. Aceste ape, evacuându-se cu debite mari (ex. $212 \text{ m}^3/\text{s}$ la C.N.E. Cernavodă) în canalele magistrale de irigații – navigație, ca și în cursuri naturale, pot prejudicia, atât prin poluare, cât și prin modificarea parametrilor hidraulici.

Descărcarea acestor ape introduce modificări în regimul de funcționare a canalului, atât în perioadele fără precipitații în bazinul hidrografic, cât și în perioade de viituri.

În cazul descărcării apei de la centrala nucleară într-un canal de navigație – irigație, sunt necesare studii care se pot realiza prin modele matematice pentru simularea numerică și intercondiționată a mișcării nepermanente a apei în canal, cu mișcarea nepermanentă a convoaielor de nave și propagarea undelor de ecluzare.

Asemenea cercetări pot condiționa adoptarea dimensiunilor și formelor de uvraje, respectiv de restricții în navigație.

Astfel evacuarea debitului maxim de $212 \text{ m}^3/\text{s}$ provenit de la C.N.E. Cernavodă prin descărcătorii de la ecluza Agigea (la mare) modifică regimul vitezelor pe canal, prin creșterea cu $0,3 \text{ m/s}$.

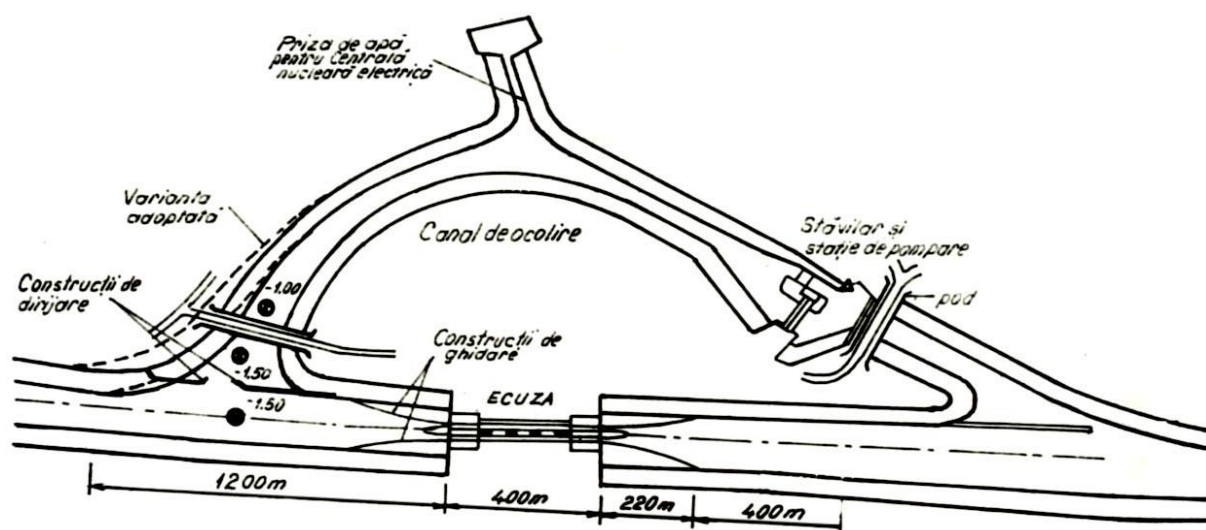


Fig. 6.63. Ansamblul hydraulic Cernavodă, în varianta adoptată

Acest spor de viteză are drept consecință creșterea duratei de circulație a navelor spre amonte cu circa 30 minute și reducerea duratei de circulație a navelor spre aval cu până la 20 minute. Consecințele acestor situații se traduc și valoric, și prin consumul suplimentar de energie la circulația navelor încărcate spre amonte.

Evacuarea apelor calde de la C.N.E. poate impune și în irigații restricții și în privința nivelurilor maxime admisibile ale apei în canalul de navigație, în-deosebi când apar suprapuneri cu viiturile din bazin.

În condițiile C.N.E. Cernavodă, exploatarea canalului la ape mari implică acțiunea descărcătorilor și în special comutarea grupurilor centralei nucleare pe evacuatorul de apă spre Dunăre.

Rezultă din cele de mai sus, că o prognoză cu o anticipație de 1-2 ore face posibilă o pregolire a canalului.

Prognoza trebuie făcută pe baza modelului matematic de ansamblu privind formarea, transformarea și tranzitarea undelor de viitură.

În fig. 6.64 se poate urmări soluția de alimentare cu apă, ca și de evacuarea apei, pentru Centrala Nucleară Bugey de pe Rhôn-ul superior (cu o tranșă de 540 MW, cu uraniu natural grafit – gaz și 4 tranșe de 900 MW, cu uraniu îmbogățit).

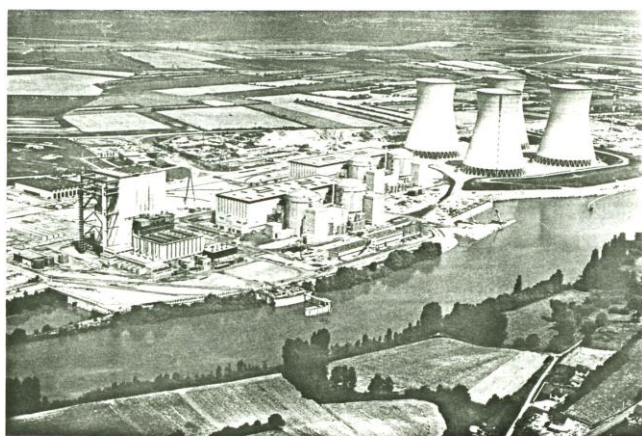


Fig. 6.64. Vedere de ansamblu a nodului hidraulic de alimentare și evacuarea apei la Centrala Nucleară Bugey, dintr-un canal de aducțiune

6.3.2. SCHEMA HIDROTEHNICĂ A COMPLEXULUI DE IRIGAȚII CARASU-DOBROGEA. PREZENTAREA GENERALĂ

1° Schema hidrotehnică

Complexul de irigații Carasu (fig. 6.65) este amplasat în sud-estul Dobrogei și a fost proiectat pentru o suprafață de 197.300 ha, de către I.S.P.I.F. București (șef proiect complex fiind prof. N. Mucică).

Execuția lucrărilor de amenajare a început în anul 1967 cu aducțiunea și cu amenajările din sistemul Medgidia Nord (Mihail Kogălniceanu), derulându-se eșalonat până în anul 1972. Ulterior s-au executat lucrări de extindere a amenajării, ajungându-se în anul 1989 la o suprafață totală irigată de 202.386 ha.

În prezent, suprafața amenajată pentru irigații este de 205.602 ha din care pentru aspersiune 159.075 ha și pentru brazde 46.527 ha.

Perimetrul amenajat este delimitat la nord de o linie convențională care unește localitățile Siliștea, Tepeș Vodă, Târgușor și Piatra (fig. 6.65), până la lacul Tasaul, învecinându-se cu sistemele Seimeni și Sinoe. La sud, limita o constituie frontiera cu Bulgaria, iar la est litoralul Mării Negre. La vest, complexul Carasu se învecinează cu sistemul Rasova-Vederoasa, pe o linie convențională delimitată de calea ferată Negru Vodă – Medgidia și, în continuare, de localitățile Peștera, Îvri-nezu Mare, Ștefan cel Mare, Siliștea.

În cadrul perimetrului amenajat au fost efectuate și lucrări pentru conservarea solului și pentru prevenirea colmatării canalelor și a bazinelor stațiilor de pompare.

Exploatarea și întreținerea Complexului de irigații Carasu se face prin intermediul sistemelor: M. Kogălniceanu, N. Bălcescu, Cobadin, Basarabi, Bărganu, Topraisar și Mangalia, amplasate de o parte și de alta a Canalului Magistral Dunăre – Marea Neagră, respectiv Negru Vodă.

2° Raionarea geomorfologică

Din punct de vedere **geomorfologic**, perimetrul Carasu este situat în Dobrogea sudică, cunoscută și sub numele de Dobrogea de platformă.

Această zonă se caracterizează printr-un relief cu cote absolute cuprinse între 40 m și 120 m, media lor fiind de 60 m. Relieful este fragmentat de văi care au în general un profil transversal foarte deschis, dând regiunii un aspect vălurit, în partea de nord, și de platou ușor înclinat către mare, în partea de sud. În interiorul acestei zone se diferențiază, datorită caracterelor geomorfologice, mai multe compartimente, și anume: Podișul Dorobanțu, Podișul Topraisar, Podișul Hagieni, Podișul Negru Vodă și Podișul Cobadin.

Podișul Dorobanțu apare ca o fâșie lată de cca. 30 km cu axul mare orientat spre est-vest, în porțiunea unde Dobrogea prezintă cea mai mică lățime. Acesta are o înclinație de la nord-est către sud-vest, fapt care se observă din orientarea văilor care-l străbat. Înălțimea absolută a acestuia este de cca. 120 m și descrește până la cca. 5-10 m în Valea Carasu.

Rețeaua hidrografică este orientată în proporție de 90% spre mare. Podișul cuprinde două bazine hidrografice despărțite prin creasta Canora, respectiv,

bazinul Carasu, orientat de la est spre vest, având o lungime de 56 km și bazinul Lacului Siutghiol, care are orientarea nord-sud și suprafața de cca. 72 ha. Lacul este alimentat de izvoare de fund.

Podișul Topraisar se întinde de la sud de Constanța până la malul drept al Văii Mangalia, fiind limitat la vest de o linie care începe de la versantul stâng al Văii Carasu, pe la vest de Poarta Albă, pe la est de Valea Dacilor, Ciocârlia de Sus, Ciobănița și Comana, până la Valea Mangaliei. Suprafața podișului este netedă și puțin fragmentată în raport cu celelalte zone geomorfologice.

Uniformitatea acestui podiș este întreruptă de câteva văi seci. Trecerea de la podișul înalt la litoral se

face printr-o suprafață cu altitudinea mai mică, lată de cca. 5-6 km, în care sunt săpate mici golfuri ocupate de limane. Această zonă este lipsită de cursuri de apă permanente. Cele câteva lacuri care se găsesc în zona litorală sunt alimentate de apa subterană, provenită din pânza acviferă.

Podișul Hagieni se întinde atât pe teritoriul României, cât și pe teritoriul Bulgariei. Limita de est o formează marea, iar limita de vest trece prin dreptul localităților Casimcea și Darabani.

Podișul Hagieni se deosebește morfologic de Podișul Topraisar prin înălțimi ceva mai mari și prin lipsa suprafeței intermediare dintre podiș și litoral. Văile ce străbat această regiune sunt, în general, largi și puțin adânci.

Acest podiș este lipsit de o rețea hidrografică permanentă.

Podișul Negru Vodă este situat în unghiul format de văile Cavaclar și Sevendicului, care se unesc pentru a forma Valea Urluiului. Podișul Negru Vodă domină spre est Podișul Topraisar printr-o denivelare de 20-40 m, iar la vest este dominat printr-o diferență de nivel de 20-40 m, de la prelungirea Podișului Oltina de pe teritoriul Bulgariei.

Regiunea este drenată de o serie de văi seci, paralele cu cursul văi Cavaclar.

Adâncimea văilor este de este de circa 50 m, iar interfluviile au înfățișarea unor dealuri domoale cu pante prelungi.

Podișul Cobadin este situat între podișurile Dorobanțu, Topraisar și Negru Vodă. Este orientat spre Dunăre și este drenat de trei văi: Valea Baciului, Valea Cramancea și Valea Peștera.

Profilul longitudinal cu trepte, micile terase structurale ca și versanții lor verticali arată că aceste văi prezintă întreruperi în evoluția lor.

Spre vărsare, văile din regiunea de platformă se adâncesc și se largesc sub forma de mici depresiuni în care se dezvoltă limane fluviatile.

Ca și în cazul celorlalte podișuri, apele de aici au un curs intermitent.

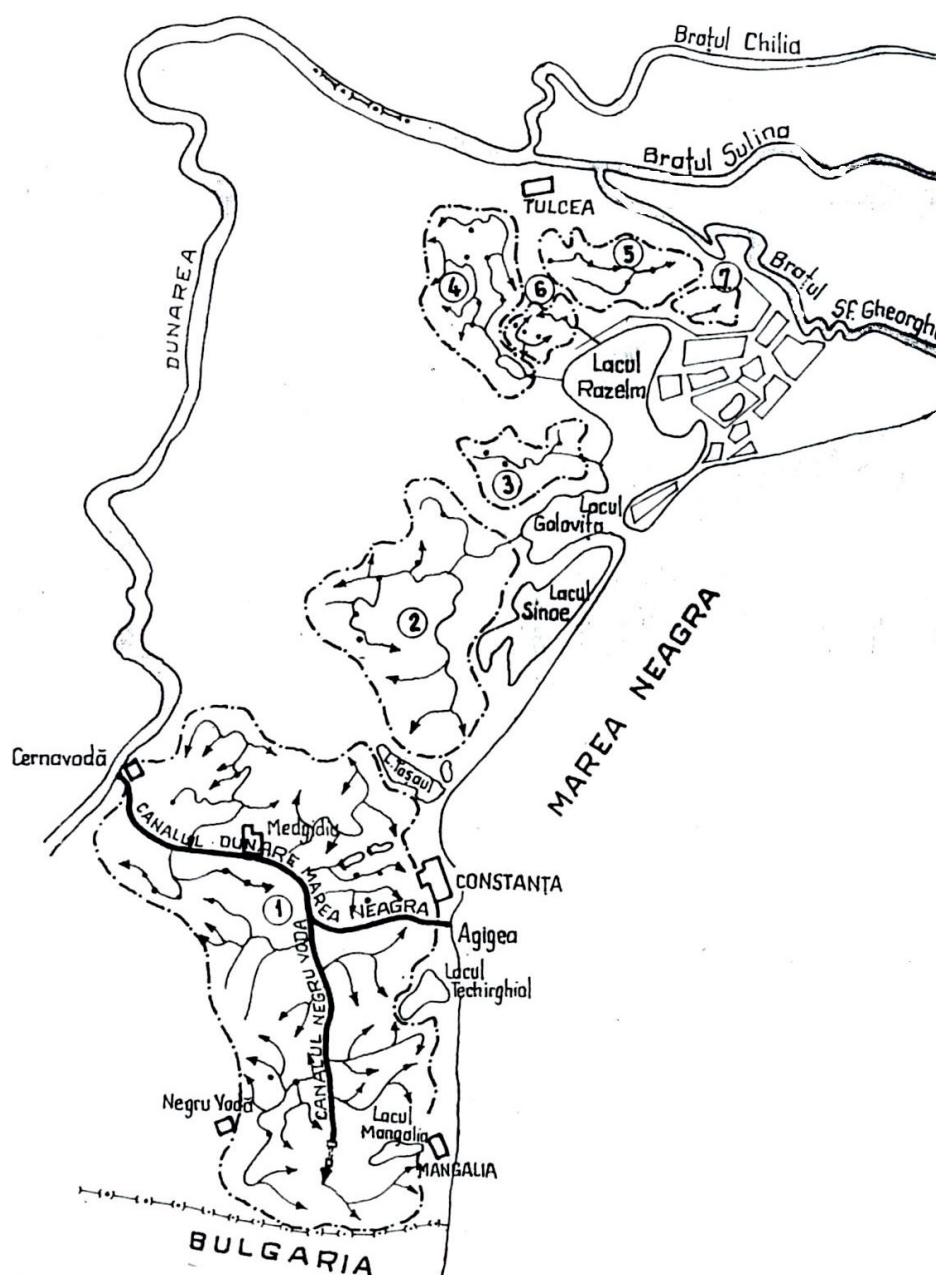


Fig. 6.65. Komplexe de irigații în zona litoralului Mării Negre: 1 – Carasu; 2 – Sinoe; 3 – Sud Razelm; 4 – Babadag; 5 – Beibuceac Sarinasuf; 6 – Sarichioi; 7 – Dunavăț

3° Condiții climatice

Complexul Carasu se încadrează din punct de vedere climatic în categoria zonelor de stepă semiaridă.

Temperatura medie multianuală rezultată prin prelucrarea datelor de la stația meteorologică Constanța, pe perioada 1930-1980, este de 12,5°C. Temperaturile maxime se înregistrează în luna iulie (22,5° C), iar minimele în luna ianuarie (0° C).

Media multianuală a precipitațiilor este de 385,5 mm la stația meteorologică Constanța, 405,7 mm la Valu lui Traian și 402 mm la Mangalia.

Vânturile predominante sunt: Crivățul, care bate iarna din direcția nord-est cu viteză de 5-25 m/s, Vântul Negru din direcția sud-est cu viteze de 4 m/s și briza mării, care ia naștere din diferența de presiune dintre uscat și mare, acționând în zona litorală.

Frecvența și intensitatea vânturilor au mari variații datorită influenței litoralului. Vânturile cu o viteză mai mare de 2 m/s au o frecvență de 90%.

În zona Carasu, intervalele de secetă în perioadele de vegetație a culturilor sunt foarte frecvente. Mărimea acestora variază între 100 și 127 de zile. Perioadele secetoase mai mari de 10 zile, în care precipitațiile sunt mai mici de 5 mm, sunt în medie de 5 pe an, cu o creștere până la 8 în anii secetoși și o scădere de până la 2 în anii ploioși. Cele mai multe perioade de secetă se produc în a doua parte a verii, când și duratele sunt mai mari.

4° Situația pedoameliorativă

Din punct de vedere **pedoameliorativ** solurile din zona Carasu se împart în următoarele grupe.

- **grupa I**, soluri cu textura medie, în care se includ cernoziomurile tipice carbonatice și solurile coluviale ocupând cea mai mare parte din suprafață;

- **grupa a II-a**, reprezentată de soluri cu textura medie și grea, în care intră solurile aluviocoluviale și solurile rendzinice;

- **grupa a III-a**, soluri slab și moderat erodate cu textura medie, pe pante line, cuprinzând cernoziomurile slab și mediu erodate;

- **grupa a IV-a**, soluri foarte puternic erodate, litosoluri și roci la zi;

- **grupa a V-a**, soluri aluvio-coluviale săratate, incluzând pe suprafețe restrânse solurile coluviale salinizate slab, solurile aluviale salinizate puternic și solonceacurile aluviale.

Cele mai tinere roci prezente în acest teritoriu sunt loessurile, care îmbracă cea mai mare parte a unui relief precuaternar, precum și solurile fosile (litosolurile) amplasate pe unele pante și pe firul văilor.

În majoritatea cazurilor loessul este situat peste calcare sarmatice care, în partea lor superioară, datorită

degradării, au dat naștere în unele părți la argile de culoare roșiatică.

Loessurile din zona Carasu, după compoziția granulometrică, se împart în loessuri slab argiloase prăfoase și prăfoase argiloase loessoide. Grosimea acestor depozite variază între 10 și 30 m, în nordul zonei, și între 5 și 10 m, în partea sudică a acesteia.

Porozitatea loessului variază între 43 și 51%, umiditatea între 13 și 18% și tasarea specifică prin înmuiere la o sarcină de 3 kg/cm², între 2 și 12 cm/m.

Pe măsura îndepărtării de Dunăre și către sud, crește argilozitatea și umiditatea loessului, stabilitatea la înmuiere fiind în medie mai redusă.

În privința tasărilor suplimentare datorită înmuierii sub acțiunea greutății proprii, acestea sunt maxime în partea de nord-vest, unde grosimea și caracteristicile loessului sunt defavorabile.

Spre exemplu, în sistemul Mircea Vodă (Nicolae Bălcescu) în perioada 1959-1960 tasările au ajuns până la 1,8-2,0 m.

5° Hidrogeologia

În cadrul Complexului Carasu se deosebesc, din punct de vedere **hidrogeologic**, două zone: zona propriu-zisă de luncă a Văii Carasu și zona înaltă de platformă.

Pentru zona de luncă forajele de studiu au pus în evidență două orizonturi acvifere: stratul freatic cantonat în depozitele loessoide de suprafață, care este cu nivel liber și în legătură directă cu apa de suprafață a canalului; un orizont acvifer de adâncime medie constituit din nisipuri și pietrișuri cretacice.

Apa din orizontul cretacice are nivel ascensional, nivelul piezometric aflându-se în general la aceeași cotă cu apa din stratul freatic al depozitelor loessoide (fig. 6.66).

Permeabilitatea depozitelor loessoide nesaturate variază în general între 0,5 și 2,0 m/zi, iar a celor saturate cu apa între 1,0 și 8,5 m/zi. Permeabilitatea depozitelor de nisip cu pietriș este de 40,0-80,0 m/zi.

În zona de luncă a Văii Carasu, apa subterană a fost interceptată în perioada studiilor la 0,25-5,5 m de la suprafața terenului. Apa subterană din zona înaltă de platformă se găsește cantonată la baza depozitelor loessoide sau în calcare și este cu nivel liber.

Zonarea suprafețelor cu diverse adâncimi freactice efectuată în baza studiilor de la proiectare (1967) relevă faptul că o mare parte din suprafața complexului avea apă freatică la adâncimi mai mari de 10 m. În urma observațiilor ulterioare, efectuate (I.S.P.I.F. 1967) la interval de un an față de raionarea anterioară, s-a constatat ridicarea generală a nivelului apei subterane cu 1-2 m, ca urmare a precipitațiilor abundente din perioada respectivă.



Fig. 6.66. Raionarea hidrogeologică

Pentru aprecierea chimismului apei freatice din zona de platformă, s-au recoltat (I.S.P.I.F.) probe de apă atât din forajele geotehnice, cât și din fântânile sătești, ale căror analize indică un conținut al rezidului fix cuprins între 0,5 și 2,1 g/l (fig. 6.67).

Complexul Carasu are ca sursă de apă Canalul magistral Dunăre – Marea Neagră (fig. 6.65), inclusiv ramificația reprezentată de canalul Midia-Năvodari. Prin intermediul unor stații de pompare de bază, cu priza directă la canal, se alimentează cele 11 sisteme hidrotehnice independente (fig. 15.68) după cum urmează: Sistemul Făclia (8.250 ha), Sistemul Zenovia (248 ha), Sistemul N. Bălcescu (28.125 ha), Sistemul Medgidia S.V. (637 ha), Sistemul M. Kogălniceanu (24.528 ha), Sistemul Poarta Albă (3.869 ha), Sistemul Basarabi (6.210 ha), Sistemul Valea Seacă (7.920 ha), Sistemul Galeșu (5.079 ha), Sistemul Saligny Creasta (990 ha) și Sistemul Negru Vodă (116.530 ha).

Acesta din urmă, fiind de altfel și cel mai important, se alimentează prin intermediul stației de pompare de bază Poarta Albă ce este amplasată pe canal la km 32. Debitul instalat este de 80 m³/s, înălțimea de pompare de 20 m și puterea instalată de 20

MW. În continuare, apa este preluată de stația de repompare Basarabi – Pădure (fig. 6.69), dimensionată pentru un debit de 76 m³/s, o înălțime de pompare de 65 m și o putere de 60 MW. De aici, apa este refu-lată în canalul Negru Vodă (planșa 1) care, pe cele două tronsoane, totalizează 57 km lungime. Din canalul Negru Vodă se ali-mentează gravitațional sau cu ajutorul unor stații de pompare 14 subsisteme hi-drotehnice: Vest Valea Seacă, Ciocârlia, Bărăganu, Lanurile, Movilița, Est-Biruința, Amzacea 1, Amzacea 2, Moșneni, Peci-neaga, Mangalia Nord, Mangalia Sud și Tătaru. Pe parcurs, complexul Carasu a fost organizat pe 11 sisteme administrative, față de situația inițială (1967/1972), când au fost raionate 15 sisteme, cum au fost prezentate anterior.

6° Sursa de apă

Canalele de aducțiune și distribuție sunt dispuse în etaje, pe curbe de nivel sau pe crestele dominante ale versanților.

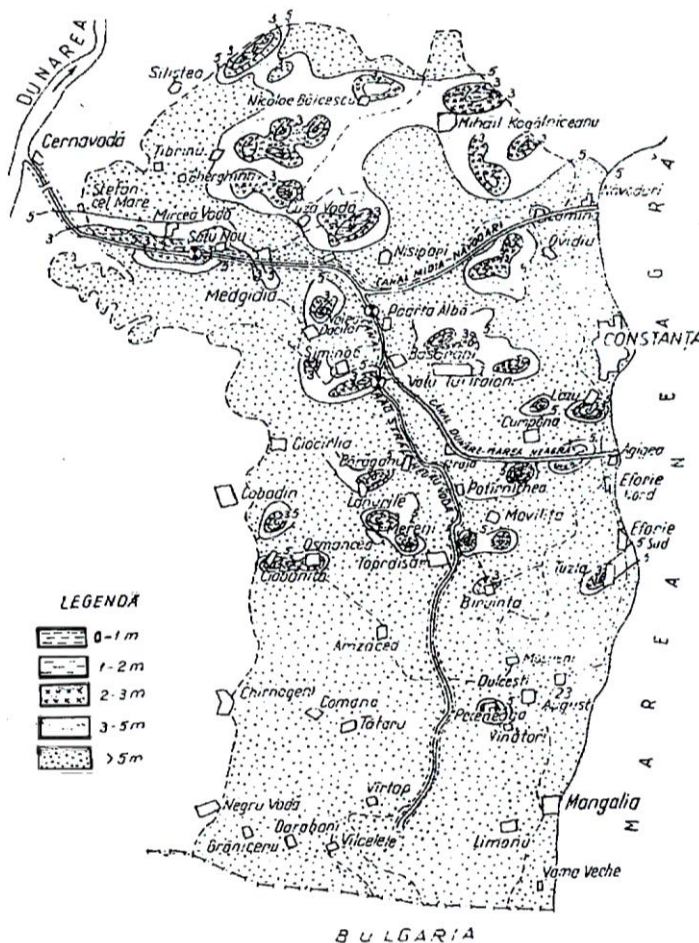


Fig. 6.67. Aprecierea chimismului apei freatice prin foraje

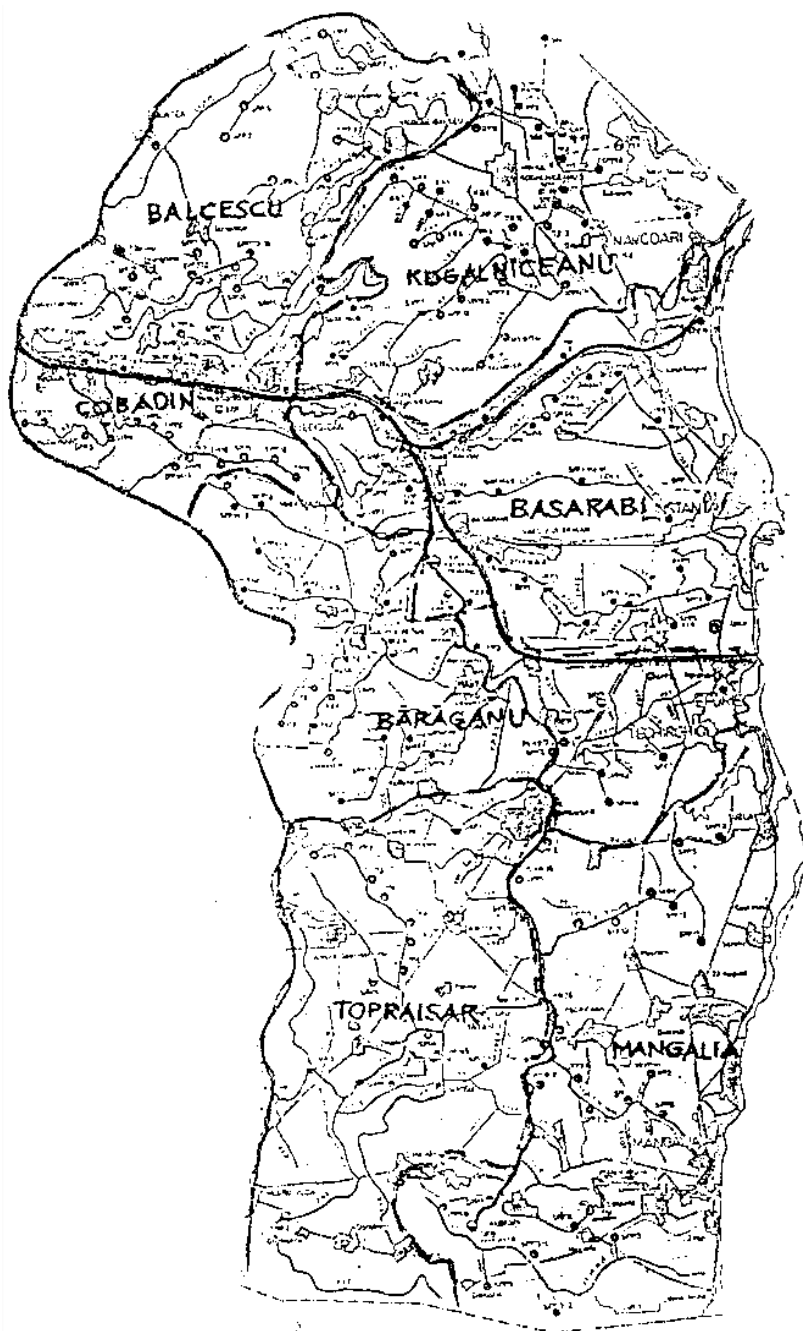


Fig. 6.68. Sistemele de irigații din Carasu

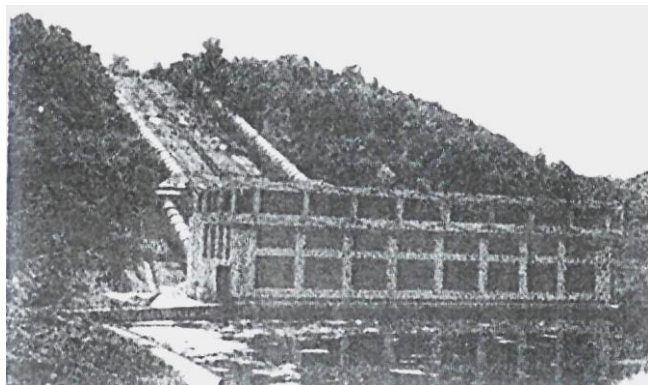


Fig. 6.69. Stația de repompare Basarabi-Pădure

Lungimea acestor canale este de aproximativ 1300 km, la care se adaugă rețeaua de jgheaburi. Canalele au fost executate în debleu și semidebleu, execuția capușelilor fiind eșalonată în timp, pe măsura stabilizării tasării loessului.

În sistemele de irigații din cadrul complexului funcționează 87 stații de pompare și repompare, totalizând 487 agregate de pompare (cu un debit total instalat de 508,5 m³/s pentru irigații și 10,1 m³/s pentru desecare), putere totală instalată de 301.932 kW pentru irigații și 133 MW pentru desecare.

În cadrul perimetrului irigat, 15% din suprafața este amenajată pentru udarea prin aspersiune cu conducte îngropate alimentate de 27 stații de punere sub presiune; 53% din suprafața a fost amenajată pentru irigarea prin aspersiune cu pomparea apei prin intermediul agregatelor termice de pompare în conducte (antene) îngropate, iar 32% din suprafața este amenajată pentru udarea prin brazde și sistem bivalent, cu distribuția apei prin jgheaburi din beton armat și conducte de sector îngropate.

7° Descrierea succintă a lucrărilor existente în Complexul Carasu, cu prezentarea sinoptică a unor sisteme de irigații (6), inclusiv a canalului Negru Vodă (pl. 1)

Sursa de apă a complexului Carasu o constituie în prezent canalul magistral Dunăre – Marea Neagră inclusiv ramificația sa, Canalul Midia – Năvodari (fig. 6.65).

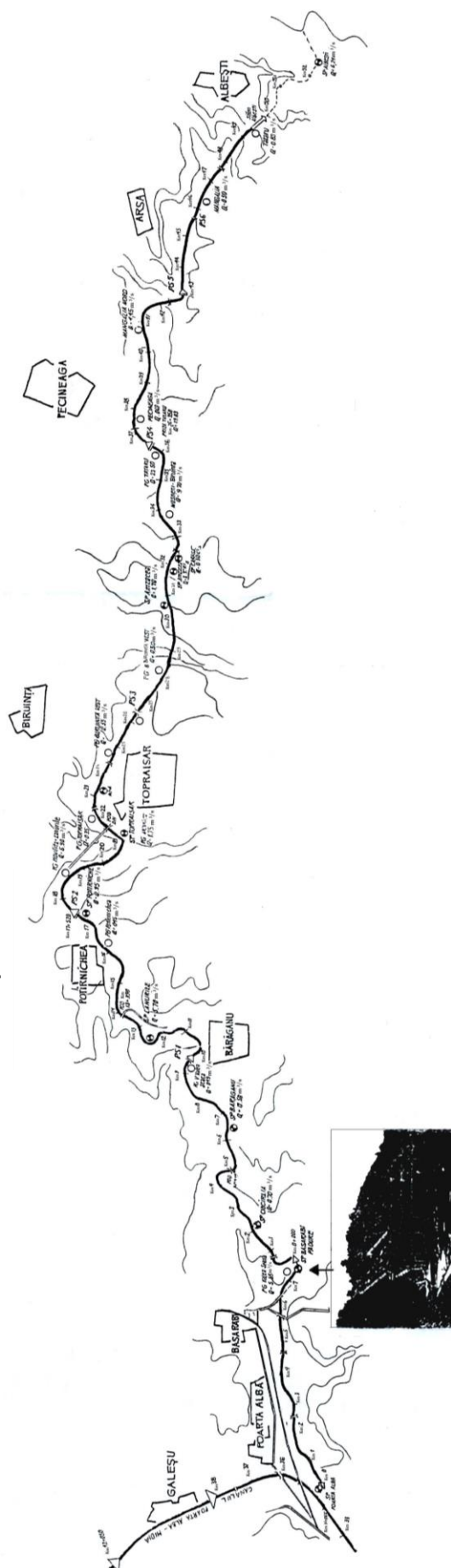
Prin intermediul unor stații de pompare de bază/SPP cu priză directă la canal sunt deservite 213.042 ha, 1400 ha rămânând să fie asigurate cu apă din alte surse.

Alimentarea cu apă a sistemelor este după cum urmează: 7 sisteme sunt deservite de SPA/SPP cu priză directă în C.D.-M.N. și 7 sisteme sunt deservite de Canalul Negru Vodă, canal ce asigură alimentarea cu apă a 113.927 ha. Se menționează că în cadrul celor 7 sisteme principale au fost incluse și unele sisteme adiacente, ca Zenovia (248 ha), Medgidia S.V. (637 ha) și SPP-urile ce preiau apa direct din aceste canale.

Canalul Negru Vodă este alimentat prin intermediul stației de pompare de bază Poarta Albă, amplasată pe Canalul Dunăre – Marea Neagră la km 32 și care funcționează din 1971. Stația a fost dimensionată la debit de 80m³/s și o înălțime de pompare de 18,5 m.

Planşa nr.1

CANALUL DE ADUCTIUNE NEGRU VODĂ



În continuare apa este preluată de stația de re-pompăre Basarabi – Pădure (v. fig. 6.69) care este dimensionată pentru un debit de $76 \text{ m}^3/\text{s}$ și o înălțime de pompăre de 65 m. Apa este refulată în Canalul Negru Vodă care însumează pe cele 2 tronsoane (aval și amonte de SRP Basarabi – Pădure) 61 km, inclusiv sifonul Albești și tronsonul de canal până la SRP Mangalia (v. planşa1).

Din studiile topografice efectuate de I.S.P.I.F. la nivelul anului 1991, pe acest canal a rezultat că 46 km, respectiv 75% din lungime, sunt dalați. Din aceștia, pe circa 7 km (15%) nu mai erau necesare intervenții ulterioare de refacere a căptușelilor pe circa 12 km, distanța pe care taluzurile sunt deteriorate datorită prăbușirilor. La nivelul anului 1991 erau de asemenea necesare lucrări de refacere a rosturilor pe circa 27 km.

Situația în prezent se prezintă după cum urmează:

Prima împărțire a Complexului Carasu a fost în 14 sisteme de irigații.

1) Sistemul Mircea Vodă

Acest sistem este delimitat după cum urmează:

- la nord de localitatea Dorobanțu, DN2A și localitatea Tepeș Vodă;
- la est de sistemul de irigații Medgidia;
- la sud de calul Dunăre – Marea Neagră;
- la vest de linia ce unește localitățile Tepeș-Vodă, Siliștea și vest Ștefan cel Mare.

Suprafața sistemului este de 31.380 ha.

Din punct de vedere geomorfologic, suprafața sistemului Mircea Vodă înregistrează o diferență de cotă absolută de la +20 la +130, cotele cele mai frecvente fiind cele în jurul valorii +100, zona este lipsită de văi cu albie majoră.

Forajele efectuate au fost în număr de 173, cu adâncimi între 4,2 și 33 m. Din numărul total, 45 foraje au străbătut în întregime depozitele loessoide și au fost oprite fie în argila roșie, fie în calcare.

2) **Sistemul Medgidia** acoperă o suprafață de 27.812 ha, din care 24.172 ha fac parte (acum) din subsistemul Medgidia Nord și 3.640 ha din Medgidia Sud.

3) **Sistemul Făclia**, delimitat la nord de Canalul Dunăre – Marea Neagră, domină o suprafață de 9.861 ha.

4) **Sistemul Poarta Albă** acoperă o suprafață de 3.360 ha și se întinde la nord și la est până la Canalul Dunăre – Marea Neagră, la sud până la localitatea Siminoc, iar la vest până la linia ce unește localitățile Valea Dacilor – Medgidia.

5) **Sistemul Găleşu**, în suprafață de 6.228 ha, este delimitat la nord de șoseaua Poarta Albă – Ovidiu, la vest de șoseaua Poarta Albă – Basarabi Cicoșu – Constanța, iar la est de linia ce unește localitățile Ovi-

diu – Palazu Mare – Constanța.

6) Sistemul Basarabi acoperea o suprafață de 5.250 ha.

7) Sistemul Bărăganu deservea o suprafață de 15.658 ha, delimitată de liniile ce unesc localitățile: Valea Dacilor – Valea Seacă; canalul de aducțiune Negru-Vodă (până la Bărăganu); Bărăganu – Osmancea – Ciobănița și Ciobănița – Ciocârlia de Jos – Valea Dacilor.

8) Sistemul Valea Seacă, cu suprafața de 9.222 ha.

9) Sistemul Lanurile, cu suprafața de 7.323 ha.

10) Sistemul Movilița, cu suprafața de 9.426 ha.

11) Sistemul Topraisar, cu suprafața de 7.406 ha.

12) Sistemul Biruința, în suprafață de 17.737 ha, este delimitat: la nord de văile Topraisar și Corlichioi și de lacul Teghirghiol; la est de litoral între Eforie Sud și Mangalia; la vest – de Canalul Negru Vodă (între localitățile Topraisar și Pecineaga), iar la sud de localitățile Pecineaga, Vulturi, Dulcești și Mangalia.

13) Sistemul Tâtaru, cu o suprafață de 32.649 ha, este situat din punct de vedere geomorfologic în podișul Cobadinului, care prezintă cote absolute (în limitele sistemului) cuprinse între 75 și 155 m.

14) Sistemul Mangalia, are o suprafață de 19.603 ha și ajunge la sud până la granița cu Bulgaria.

În organizarea Întreprinderilor de Îmbunătățiri Funciare (SNIF), făcută în 1975, cele 14 sisteme (vechi, enumerate anterior: 1÷14) au fost transferate în 11 sisteme administrative (tabelul nr. 6.4). Pentru 6 dintre acestea se va prezenta, în continuare, schema hidrotehnică sinoptică (fig. 6.70-6.75), inclusiv a Canalului Negru-Vodă (fig. 6.76).

Tabelul nr. 6.4. Situația existentă în anul 1995

Nr. crt.	Denumire sistem	Suprafață amenajată (ha)
1.	Sinoe (Cogealac)	36.197
2.	Hârșova	40.151
3.	Pietreni	52.799
4.	Cobadin	40.083
5.	Pantelimon	42.578
6.	N. Bălcescu	30.666
7.	M. Kogălniceanu	40.971
8.	Basarabi	30.848
9.	Topraisar	39.904
10.	Bărăganu	35.131
11.	Mangalia	33.263
	TOTAL	422.591

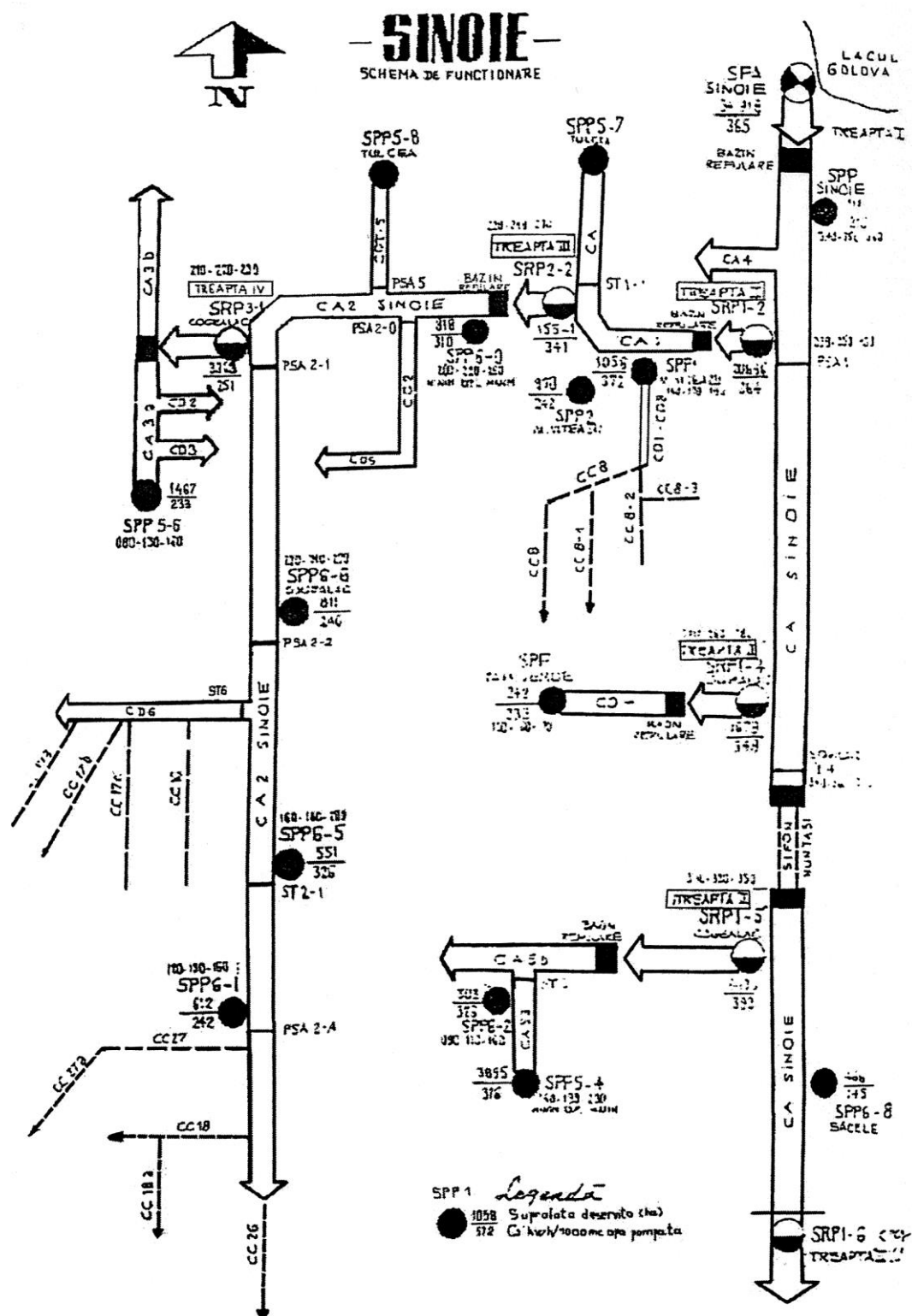


Fig. 6.70. Sistem Sinoie

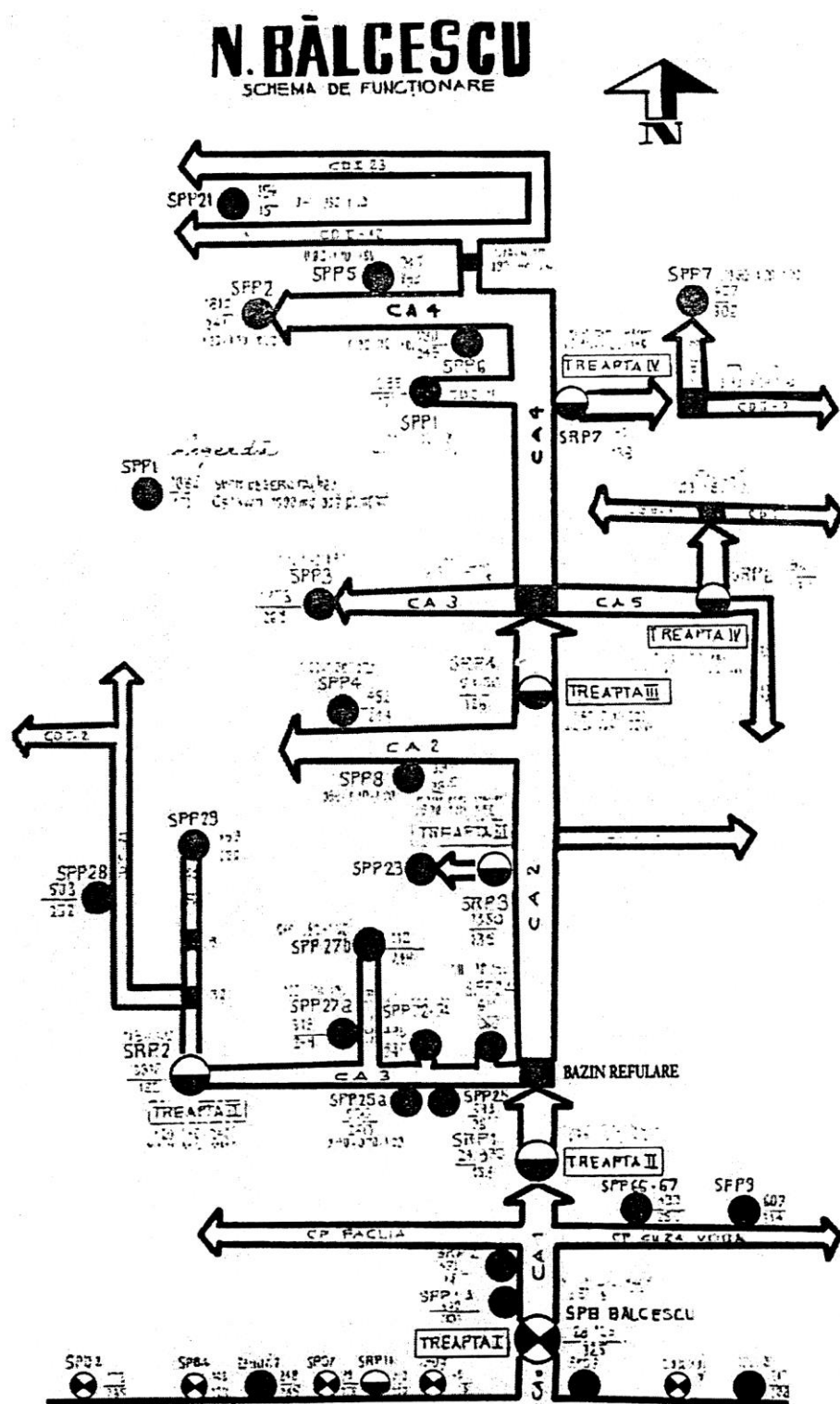


Fig. 6.71. Sistem Bălcescu



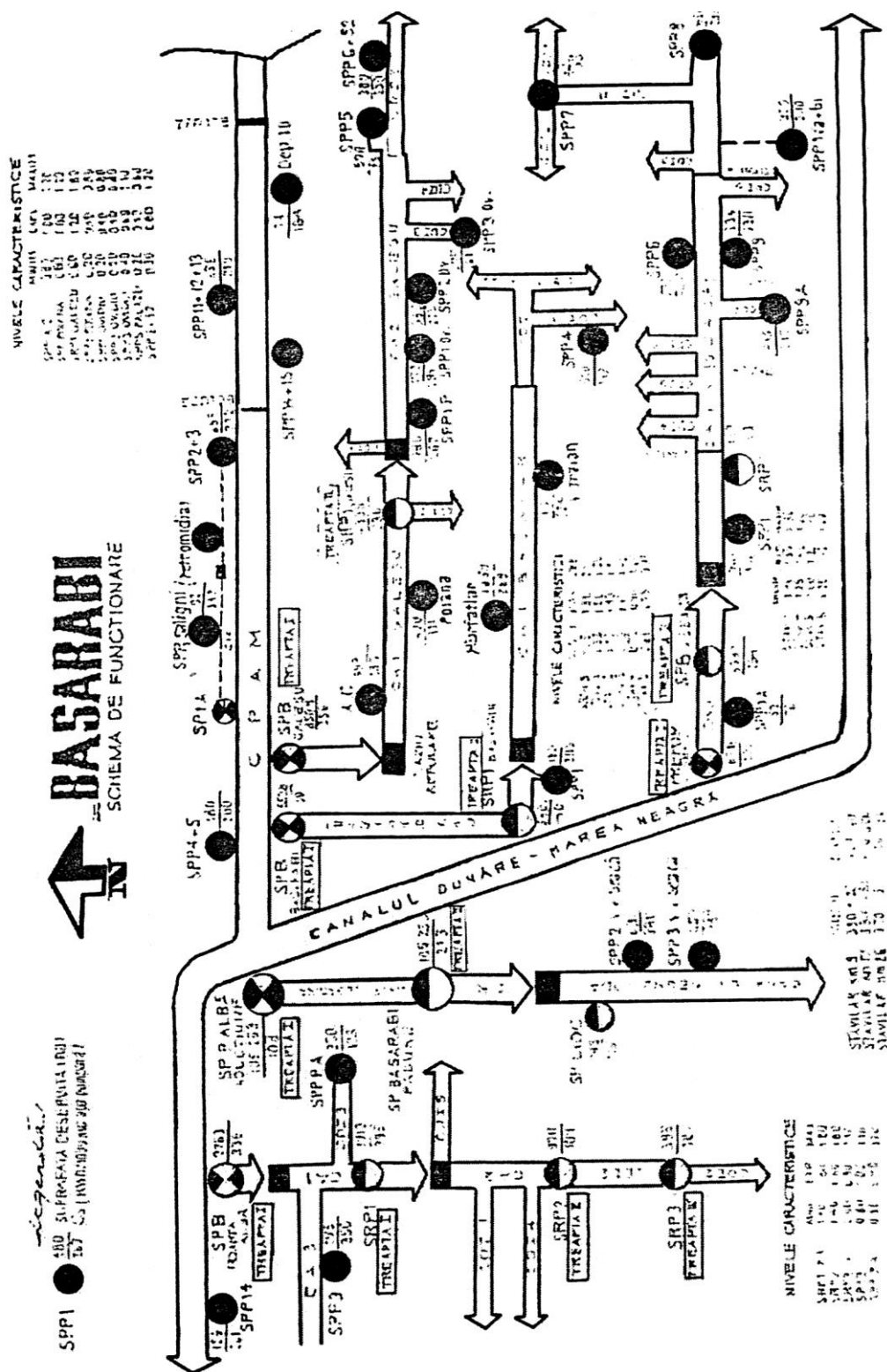


Fig. 6.73. Sistem Basarabi

403

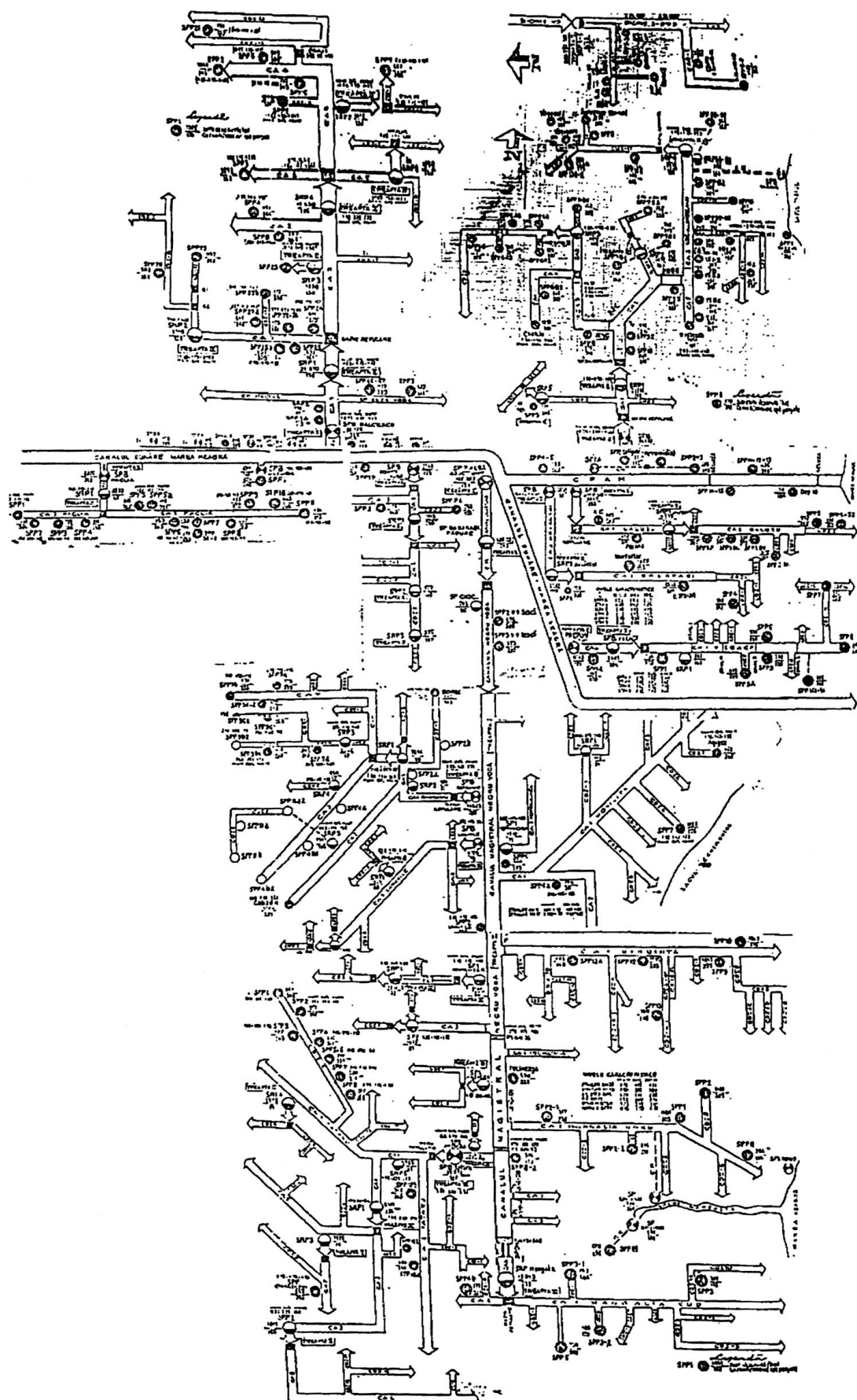


Fig. 6.76. Schema de funcționare a canalului magistral Negru Vodă

6.4. POSIBILITĂȚI DE INTERCONECTARE A UNOR AMENAJĂRI HIDROTEHNICE COMPLEXE DIN VESTUL EUROPEI (AXATE PE FLUVIILE RHÔNE – RHIN – DUNĂRE – ELBA ȘI MAREA NORDULUI), CU UNELE AMENAJĂRI REALIZATE SAU ÎN SOLUȚII CONCEPTUALE DIN CENTRUL – ESTUL EUROPEI (AXATE PE MAREA BALTICĂ – VISTULA – NISTRU – PRUT – DUNĂRE – CANALUL DUNĂRE – MAREA NEAGRĂ (CARASU) – MAREA NEAGRĂ ȘI MAREA MEDITERANĂ

6.4.1. CONDIȚII ȘI POSIBILITĂȚI DE INTERCONECTAREA CELOR DOUĂ SISTEME HIDROTEHNICE

Fără a mai repeta cele prezentate în subcapitolele 6.1.3., respectiv 6.2.2. și 6.3.2., cu figurile aferente reprezentative (fig. 6.27; 6.31 și 6.32 – pentru sistemul

hidrotehnic din Vest, axat pe Rhône, respectiv, cu figurile 6.43 și 6.50 – pentru sistemul hidrotehnic din est și sud est, axat pe Prut și Canalul Dunăre – Marea Neagră, respectiv fluviul Dunăre), cu puțină gândire în perspectivă, se poate concretiza soluția interconectării. În această ipoteză reluând figura 6.29 (subcapitolul 6.1.3.3.) și completându-o cu sistemul de est, axat pe Prut și C.D.–M.N. (fig. 6.43, subcapitolul 6.2. și 6.3), rezultă sistemul intereuropean de navigație și amenajare complexă hidraulico-agrară și energetică (fig. 6.77).

În această gândire, care preocupă Vestul din timpul lui Carol cel Mare (742-814) și zona Central Europeană (România – Prut – Dunăre) din perioada interbelică (după 1925), drumul pe apă de la Oceanul Atlantic – Marea Nordului – Marea Baltică – Prut – Dunăre – Marea Neagră și Marea Mediterană (spre Canalul Suez – Marea Roșie etc.) s-ar putea scurta considerabil (v. fig. 6.29).

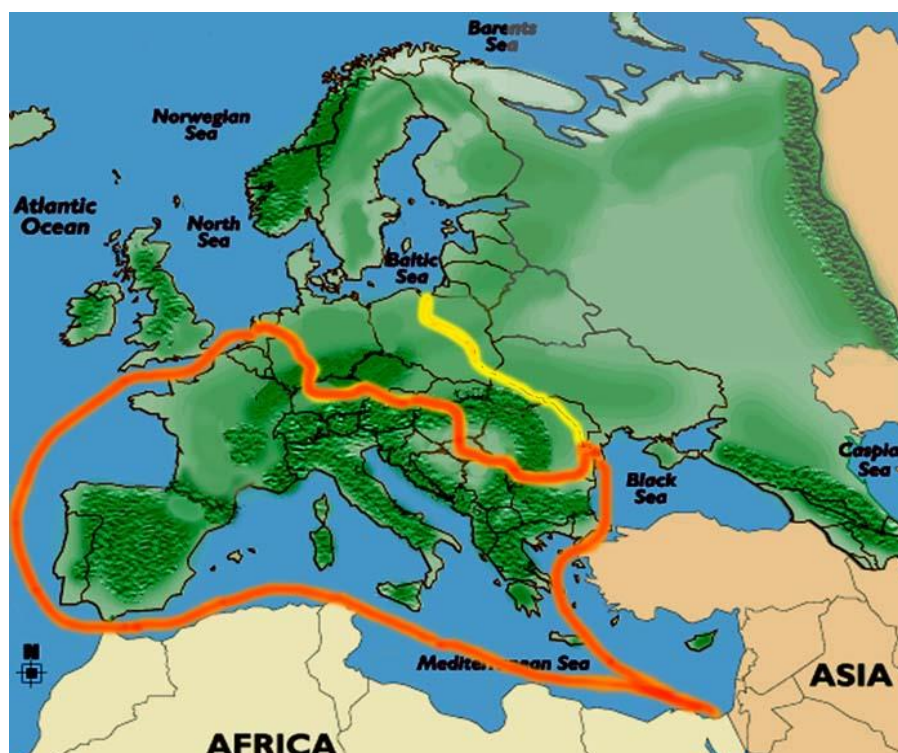


Fig. 6.77. Schema interconectării sistemului hidrotehnic de Vest – axat pe fluviile Rhône – Rhin – Dunăre, respectiv Elba, cu sistemul hidrotehnic de Sud-Est – axat pe Prut și C. M. D.N.

BIBLIOGRAFIE

1. “Agricultural Economics and Rural Development - realities and perspectives for Romania” Ana Ursu, The Research Institute for Agriculture Economy and Rural Development, Bucharest, 24 November 2016, Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/75599/> MPRA Paper No. 75599, posted 16 December 2016 05:21 UTC, 7th Edition of the International Symposium Agrarian Economy and Rural Development Realities and Perspectives for Romania, the Research Institute for Agriculture Economy and Rural Development Bucharest, Romania
2. „Houille Blanche” nr. 8/1966. *Fenomenele de intrare dinamică în conductele netede cu curgere turbulentă.*
3. Abramov S.K. și colab. *Drenajul terenurilor industriale și teritoriilor urbane* (trad. din l. rusă). București, Editura Tehnică, 1952.
4. Abxol, I.P. *Controlul salinității în agricultura irigată*, în rev.: „Agricultural digest”, nr. 22, 1971.
5. Academia Republicii Socialiste România. *Probleme de irigații* (trad. din l. rusă), 1962
6. Agroskin I.I. și colab. *Hidraulica* (trad. din l. rusă), București, Editura Energetică de Stat, 1953.
7. Alam, S., Longuemare, R., *Amenagement du Vieux Pré*. Vol. VII, IAHR, Moskou, 1983.
8. Aleoti A. *Un indicatore istantanea per portate degli irroratori*. În: „L'irrigazione a pioggia”, nr. 4 – 1957, Bologna.
9. Alexandrescu O. *Model optim al sistemului hidrotehnic Iași de irigații care să asigure cerințele de apă ale județului, din resurse proprii și prin transfer din bazine hidrografice limitrofe*, Teză de doctorat (Universitatea Tehnică Iași, 1993.
10. Alexandrescu, F. *Conducte și armături*. București, Editura Tehnică, 1963.
11. Alexandrescu, O., Popescu, S. *Asupra dimensionării funcționale a aripilor de udare*. În „Buletinul Institutului Politehnic Gh. Asachi Iași, secția de Îmbunătățiri funciare”, fasc. 1-4, 1971.
12. Alfani A. *Irrigazione a pioggia*. Bologna, Editione Agricole, 1957.
13. Alfaro, J. *Model pentru studiul deplasării sărurilor în sol sub influența spălării – drenajului* (traducere din limba engleză). În rev.: „Soil Science”, nr. 5, vol. 112, S.U.A., 1971.
14. Amaftiesei, R., Ionescu, F. *O metodă pentru calculul mișcării nepermanente în albiile deschise*. În „Rev. Hidrotehnică”, nr. 1, 1966.
15. Andréassian, V. *Impactul schimbărilor a acoperirii cu păduri asupra comportamentului bazinelor hidrografice hidrologice*. Teza de doctorat, Universitatea Pierre și Marie Curie Paris VI, CEMAGREF (Antoniou), 2002.
16. Andreescu-Cale I. *Irigații în R.P.R.*, Manuscris, Academia Republicii Socialiste România, București, 1950.
17. Andreescu-Cale I. *Problemele hidrotehnice ale Moldovei*. AGIR, București, 1947.
18. Angot, A. – *Compléments de mathématiques*. Editura Tehnică, 1965.
19. Antonescu C. *Amenajări de terenuri sportive*. București, Editura de Stat, 1949.
20. Antonescu, N. și colaboratorii – *Valorificarea energetică a deșeurilor*. Editura Tehnică, București, 1988
21. Auriault, J.I., Corday, D., Giroud, J.P., – *Etude Théoretique du rôle des drains textiles dans la consolidation des remblais*, C.R.Coll. Inst. Sols Textiles, Paris, 1977, Vol. 2
22. Ayres Q.C. și Scoates D. *Land Drainage and Reclamation*. New York, 1939.
23. Babcock, K.L. *Calcularea filtrării necesare pentru reducerea salinității unei adâncimi de sol particular sub o valoare specificată*. În rev.: „Soil Science American Procedure”, vol. 35, 1971.
24. Badea, I., *Realizări și perspective în domeniul gospodăririi apelor în țara noastră*. Revista Hidrotehnică, nr. 1, 1988.
25. Baird, J. – *Managementul deșeurilor menajere*. Conferința Națională Târgul Mureș, 1998.
26. Baitschi, B., Rieser, A., *Problèmes posés par le drainage des sols lourds et sur les mesures à prendre pour améliorer le fonctionnement du système de drainage*. Italia, Buletin d'irrigation et de drainage, nr. 6, F.A.O., 1971.
27. Balaș B. – *Gestion de l'eau dans systèmes de production de grandes cultures du Sud-Ouest de la France*, Compagne, 1992, publication CACG.
28. Bally, R., Antonescu, I.P. *Leossuri în construcții*, București, Editura Tehnică, 1974.
29. Bally, R.J. și colaboratorii – *Capacitatea geotextilelor de a reține particulele solului*. Revista Hidrotehnică 11, 1981
30. Bandini, A. *Economic problem of Irrigation Canals: Seepage Losses*. În „Journal of the irrigation and Drainage Division”, vol. 92, 1966.
31. Bartha, I. – *Urban public works*. Ed. Gh. Asachi, Iași, 2002.
32. Bartha, I., Blidaru, V., Vasian, A., Popia, A., Luca, M., *Dispozitiv de comandă pentru reglatoare hidraulice de nivel*. Brevet 89970/86.
33. Bartha, I., Javgureanu – *Hidraulica*. Ed. Tehnică, Chișinău, 1998.
34. Bazin, F., *Utilisation des modèles mathématiques pour apprécier la recharge annuelle ou interannuelle des aquifères*. Moscova, Congresul 9 de Irigații și Drenaje, 1975.
35. Băloiu V. *Amenajarea terenurilor pe teritoriul agricol*, București, Editura Agro-Silvică, 1965.
36. Bălă M. *Construcții hidrotehnice*, vol. I și II, București, Editura didactică și Pedagogică, 1967.
37. Bâra, C. *Sistemul de irigații Ialomița – Călmățui, amenajare hidroameliorativă complexă*. Revista Hidrotehnică, vol. 24, București, 1979.
38. Bâra, C. – *Irigația subterană punctiformă. Metodă și dispozitiv de udare*. În: Revista Hidrotehnică nr. 31, București, 1986.
39. Beffa, J., *Les Produits de Point-à-Mousson*. Grenoble, Congresul 11 de Irigații și Drenaje, 1981.
40. Bellin, K., *Utilisation but multiples du canal de navigation de l'Elbe, avec reference particuliere à sa desserte d'eau et*

- conservation d'eau souterraine pour les buts prioritaires. Moscova, Congresul 9 de Irigații și Drenaje, 1975.
41. Bellman, R.E., Dreyfus, E.S. Programarea dinamică aplicată (trad. din limba engleză), 1967.
 42. Berar U. și V. Ionescu, „Programarea producției de conducte prin aspersiune”, Revista „Studii și cercetări de calcul economic și cibernetic”, nr. 4, 1968.
 43. Berar Ulise. Procedee moderne de calcul și execuție a căptușelilor de canale pentru îmbunătățiri funciare. București, 1972.
 44. Berar, U., Pricop, Gh., Ionescu, V. – *Metode matematice pentru rezolvarea problemelor de irigații*. Editura Ceres, București, 1980.
 45. Berrar, V., Ionescu, I., Mihnea, I., Model matematic al spălării solurilor sărăturate. București, Revista Producția Vegetală – Cereale și Plante Tehnice, 1980.
 46. Bielorai, Hanoch, *Stabilirea cerinței de irigații* (trad. din lb. engleza). Beit Dagan – Israel, 1970.
 47. Biggar, J.W., Nielsen, D.R. *Miscible displacement and liaching phenomenon*. În rev.: „In Irrigation of Agricultural”, Lands, 1967.
 48. Bilik, O.A., Kurotchenko, V.I., Mohovsky, E.E., Design of automatic control systems of water distribution. Congresul 9 de Irigații și Drenaje. Moscova, 1975.
 49. Bilik, O.A., Talmaza, V.F., Kovalenko, B.G., Krushel, Ye., C., Avdeyev, A.I., Zakusilov, N.A., Principles of designing automated control systems for technological proccses în water user complexes of large river basics. Congresul al 11-lea de Irigații și Drenaje, Grenoble, 1981.
 50. Biră, C. Informare tehnică privind lucrările de irigații în Italia. În „Raport”, ISPIF, 1967.
 51. Bîrliga, V. Bolile și dăunătorii legumelor, pomilor fructiferi și viței de vie. București, Editura Agrosilvică, 1970.
 52. Blidaru A. *Stații de pompare pentru hidroameliorații*. București, Editura Agro-Silvică, 1956.
 53. Blidaru E. *Contribuții la calculul hidraulic al conductelor din material plastic P.C.V. folosite la aspersiune*. Lucrări științifice, I.A. Iași, 1961.
 54. Blidaru E. *Hidraulica*, Vol. II, București, Editura Didactică și Pedagogică, 1965.
 55. Blidaru E. *Hidraulica*. Vol. I, București, Editura Didactică și Pedagogică, 1964.
 56. Blidaru V. *Desecări*. București, Editura Agro-Silvică, 1956.
 57. Blidaru V. *Instalații pentru măsurarea nivelului apei freactice și de suprafață și transmiterea la distanță, folosite în scopul unei corecte exploatări a sistemelor de irigații și desecări*. Lucrări științifice I.A. Iași, 1961.
 58. Blidaru V. *Irigații*. București, Editura Agro-Silvică, 1954.
 59. Blidaru V. și Blidaru Sp. *Sisteme hidroameliorative pentru reglarea regimului de apă în sol, cu funcție reversibilă și mixtă, proiectate pe baza bilanțului de apă*. În: Revista „Hidrotehnica”, nr. 3, 1961.
 60. Blidaru V. și colab. *Adoptarea unor noi forme de secțiuni la canale, care să permită industrializarea construirii sistemelor de irigații și desecări*. În: Revista „Hidrotehnica”, nr. 9, 1961.
 61. Blidaru V. și colab. *Amenajări de orezării bazate pe principii noi de proiectare și exploatare, în scopul creșterii eficienței economice*. Buletin I.P.I., 1964.
 62. Blidaru V. și colab. *Contribuții la adoptarea unui nou tip de amenajare a terenurilor cu folosințe mixte în Delta Dunării*. Lucrări științifice I.A. Iași, 1962.
 63. Blidaru V. și colab. *Contribuții la construirea unui apometru cu înregistrare automată a volumelor de apă pentru sistemele de irigații și desecări*. Lucrări științifice I.A. Iași, 1960.
 64. Blidaru V. și colab. *Contribuții la reducerea cheltuielilor de investiții în amenajarea orezăriilor pe baza reducerii debitului maxim de apă*. În: „Anuarul lucrărilor științifice”, Inst. Agr. Galați, 1957.
 65. Blidaru V. și colab. *Cu privire la aplicarea curbelor de stăvilire în proiectarea canalelor de irigații și desecări*. Buletin de îndrumare T.C.H.A.H., nr. 3, 1964.
 66. Blidaru V. și colab. *Drenajul vertical în desecarea și desalinizarea terenurilor și ca sursă de apă pentru irigații*. Buletin I.P.I., 1963.
 67. Blidaru V. și colab. *Relații dintre irigații și desecări*. (Referat de sinteză). I.D.T., 1966.
 68. Blidaru V. *Tehnica hidroameliorativă și standardizarea tuburilor de drenaj*. Revista „Standardizarea”, nr. 3, 1963.
 69. Blidaru V., Blidaru E., Cismaru C. *Contribuții privind alegerea formei secțiunii transversale a jgheaburilor prefabricate din beton armat pentru irigații*. În: Revista „Hidrotehnica, gospodărirea apelor, meteorologia”, nr. 7, 1966.
 70. Blidaru V., Blidaru T.V., Irina State, Daniel State, *Amenajări hidrotehnice complexe de-a lungul coridoarelor navale Pan Europe și interioare pentru dezvoltare teritorială*, Ed. Performantica, Iasi, 2011.
 71. Blidaru V., Cismaru C., Leo Miza Alex. *Irigații în zone cu cantități mari de precipitații, executate cu posibilități locale*. Buletin I.P.I., 1966.
 72. Blidaru V., Georgescu I., Gheorghiu I.M., Vlădescu D. *Hidroameliorațiile în R.P.R.*, Monografie, București, Editura Agro-Silvică, 1962.
 73. Blidaru V., Gobjilă M., Dragoș I. *Contribuții la stabilirea măsurilor de reducere a pierderilor de apă prin infiltrații din canalele de irigații*. Buletin I.P.I., 1966.
 74. Blidaru V., Gobjilă M., Leo Miza Alex. *Contribuții la raionarea măsurilor hidroameliorative și hidrotehnice – pe unități asemănătoare – bazate pe reprezentarea sintetică (cu aplicații la bazinele hidrografice afluate râului Siret)*. Sesiunea științifică I.P.I., 5-7 februarie, 1965.
 75. Blidaru V., Irina State, Blidaru T.V., *Dezvoltare rurală – Modernizări în amenajările de irigații și drenaje în România*,

- Ed. Performantica, Iasi, 2009.
76. Blidaru V., Pintilie V., Irina State, *Scheme hidrotehnice pentru amenajari teritoriale complexe cu independenta energetica*, Ed. Performantica, Iasi, 2013.
 77. Blidaru, A. *Exploatarea sistemelor de irigație automatizate*. București, Editura Ceres, 1974.
 78. Blidaru, E., Blidaru, V., Leibu, H., Barthă, I. *Conduits en polyéthylène employés dans la technique de l'irrigation par aspersion*. (Varna, Bulgaria, 1972). În „Buletinul Institutului Politehnic „Gh. Asachi”. Iași, 1973.
 79. Blidaru, E., Blidaru, V., Leibu, H., Barthă, I. *Résultats expérimentaux concernant les conduites mobiles d'aspersion*. (Aix-en-Provence, France, 1971). În „Buletinul Institutului Politehnic”. Iași, 1972.
 80. Blidaru, V. *Irigații și desecări*. București, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1969.
 81. Blidaru, V. și col. *Irigații în zone cu cantități mari de precipitații, executate cu posibilități locale*. În „Buletinul Institutului Politehnic Iași”, 1966.
 82. Blidaru, V. și colaboratori. Monografia lucrărilor de hidroameliorații din R.P.R., Editura Ceres, București, 1962.
 83. Blidaru, V. Wehry, A., Chivoreanu, I. *Contribuții la calculul tehnico-economic al rețelei de conducte sub presiune pentru irigații prin aspersiune*. În rev. „Hidrotehnica”, nr. 1, 1971.
 84. Blidaru, V., Armășelu, M., Cojocar, I. – *Amenajarea terenurilor alunecătoare în condițiile geopedologice și climatice ale zonei colinare din județul Dâmbovița; tehnologia de execuție și eficiența tehnico – economică*. În lucrările simpozionului: „Amenajarea terenurilor alunecate” MAIA – DGIFCA Deva, 1981.
 85. Blidaru, V., Barthă, I., Leibu, H., Irigare bivalentă din rețele de conducte prin decalarea diurnă a metodelor de udare. Hidrotehnica, vol. 30, nr. 10, București, 1985.
 86. Blidaru, V., Barthă, I., Leibu, H., Popia, A., Luca, M., Stătescu, Fl., Mixed distribution of furrow and sprinkler irrigated water by pressure conduit networks 15th European Regional Conference on Agricultural Water Management, I.C.I.D. Dubrovnik, Yugoslavia, 1988.
 87. Blidaru, V., Barthă, I., Popia, A., Leibu, H., Contribuții asupra funcționalității și optimizării rețelelor de conducte bivalente în scopul reducerii consumului de energie în irigații. Sesiunea științifică I.C.I.T.I.D., București, 1986.
 88. Blidaru, V., Blidaru, Ecaterina, Barthă, I., Cojocar, I., Experimentations en laboratoire concernant les tuyaux flexibles ayant le rôle de rigole d'irrigation qui alimentent les sillons d'arrosage. I.C.I.D. IX Congres, Question 32.1, R.53, Moskva, 1975, New Delhi, 1977.
 89. Blidaru, V., Blidaru, Ecaterina, Cismaru, C., Leibu, H., Barthă, I., Etudes expérimentales sur les conduits mobiles d'aspersion. Seminar sur hydraulique agricole, Alger, 1975.
 90. Blidaru, V., Blidaru, Ecaterina, Leibu, H., Barthă, I., Cojocar, I., Lașiță, E., Contributions à l'étude des paramètres hydrauliques qui influencent la distribution de l'eau aux sillons d'arrosage des conduites flexibles. Seminar sur hydraulique agricole, Alger, 1975.
 91. Blidaru, V., Blidaru, Ecaterina, Leibu, H., Barthă, I., Conduits en polyéthylène employés dans la technique de l'irrigation par aspersion. I.C.I.D. Technical Memoirs, Nr. 2, New Delhi, 1974.
 92. Blidaru, V., Dobre, V. *Raționalizări în irigații și drenaje*. Ed. Ceres, București., vol. I, 1990 și vol. II, 1991.
 93. Blidaru, V., Irina State, Blidaru, T.V., *Amenajări hidrotehnice pentru Dezvoltare Rurală prin Recuperare, Protecții de terenuri și Amenajări Complexe*, Ed. Performantica, Iasi, 2006.
 94. Blidaru, V., Lașiță, Em., Barthă, I., Cojocar, I., Andricioaie, Gh. *Contribuții aduse la uniformitatea distribuției apei la brazdele de udare din conducte flexibile (cauciuc-butyl), în urma experimentărilor privind variația coeficientului de debit la orificii*. Referat prezentat la Sesiunea științifică jubiliară, Iași, 1973.
 95. Blidaru, V., Leibu, H., Stabilirea parametrilor de funcționare ai conductelor de udare la brazde, în vederea distribuției uniforme a apei. Revista Hidrotehnica, vol. 11, București, 1984.
 96. Blidaru, V., Mantz, N. *Concepții asupra surselor de apă, poziției și tipului de centre de priză, aducțiunii, distribuției și asupra luării în exploatare a sistemelor de irigații zonale, cu folosințe complexe – Exemplu, Sistemul Canal Provence*. I.S.P.I.F., București, 1974.
 97. Blidaru, V., Popescu, Șt., Nicolescu, C., Leu, D., Leo Miza, A., Prepeliță, D., Model experimental al unui mijloc de măsurare a debitului de apă la instalațiile de udare prin aspersiune. În Analele Institutului de cercetare și inginerie tehnologică pentru irigații și drenaje, vol. II (XIII), București, 1981.
 98. Blidaru, V., Prepeliță, D., *Considerații privind rolul microhidrocentralei în exploatarea optimă a unui sistem complex de irigații de tip gravitațional*. În lucrările Conferinței Naționale de Energetică, I.P. București, 27-29 oct. 1988.
 99. Blidaru, V., Prepeliță, D., Preda, L., Nour, D., Popovici, Gh., Microhidrocentrale în cadrul unei scheme hidrotehnice gravitaționale. În lucrările simpozionului „Soluții noi, eficiente în proiectarea și execuția structurilor”, I.C.C.P.D.C. – I. P. Timișoara, 14-15 nov. 1986.
 100. Blidaru, V., și col. *Contribuții aduse la proiectarea canalului de irigații funcționând automat cu comandă din aval (cu referire la aducțiunea sistemului de irigații Ruginoasa – Heleşteni, bazinul hidrografic Bahlui)*. În „Lucrările Simpozionului privind automatizarea sistemelor de irigații” București, 1975.
 101. Blidaru, V., și col. Monografia lucrărilor de hidroameliorații din R.S.România. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1962.
 102. Blidaru, V., Wehry, A., Pricop, Gh. – *Amenajări de irigații și drenaje*. Ed. Interprint, București, 1997.
 103. Blidaru, V. – *Buletin științific ISPIF*, vol. II, 1992, și vol. III, 1993, Edit. ISPIF SA.

104. Blidaru, V. – *Scheme hidrotehnice complexe*. Editura Tehnică, București, 1986.
105. Blidaru, V. – *Sisteme de irigații și drenaje*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976.
106. Blidaru, V., Cojocaru, I. – *Influența drenajului asupra nivelului freatic în terenuri cu potențial de alunecare*. Revista Hidrotehnica, București, 1981.
107. Blidaru, V., Pricop, Gh., Wehry, A. – *Irigații și Drenaje*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981.
108. Blidaru, V., și colab. – *Hidroameliorațiile în R.P.R. – Monografie*, Edit. Agro-Silvică, București, 1962.
109. Blitz E. *Defecțiuni și avarii pe rețelele de distribuție a apei*. Teză de doctorat, București, 1962.
110. Bloembergen Marta. *Modél d'ordinateur digital de la gestion des eaux souterraines par la méthode de differences finies*. în „Comunicările simpozionului internațional de irigații și drenaje”. Alger, 1975.
111. Bocikarev, V.I., Ghidro avtomatika v orosenii. Izdatelstvo Kolos, Moskva, 1978.
112. Boeru S., Zamfirescu D. *Îndigui, desecări și irigații*. București, Editura Agro-Silvică, 1966.
113. Boissezon, J., Roiland, L., Delord, P., Andersen, J.R., Zaoni, J., Puyo, Ch., *Adaptation de réseaux d'irrigation à l'évolution du matériel d'arrosage*. Congresul 9 de Irigații și Drenaje, Moscova, 1975.
114. Bonard, C. – *Stabilization of landslides: a possibility or a challenge*. În lucrările simpozionului Stațiunea de Cercetări Stejarul, Piatra Neamț, 1991.
115. Bonelli F. *I fabbisogni di mano d'opera nell'irrigazione a pioggia*. În: „L'irrigazione”, nr. 3, 1960, Bologna.
116. Boquero G. *Indices d'uniformites aspergens (Spania)*, R. 11, Congresul IV al C.I.I.D., Madrid, 1960.
117. Botzan M. *Culturi irigate*. Ediția II, București, Editura Agro-Silvică, 1962.
118. Botzan M. și colab. *Problemele de irigație și desecări ale Câmpiei Bărăganului*. București, Editura Academiei R.P.R., 1959.
119. Botzan, M. – *Apele în viața poporului român*. Editura Ceres, București, 1984.
120. Botzan, M. – *Culturi irigate*. Editura Agrosilvică, ediția a III-a, București, 1966.
121. Botzan, M. – *Mediu și viață în spațiul Carpato- Dunăreano-Pontic*. Edit. Academiei Române, 1996.
122. Botzan, M. *Culturi irigate*. București, Editura Agrosilvică, 1988.
123. Bourla F. *Evaluation des débits dans les réseaux*. În: „La houille blanche” nr. 5, 1966, Paris.
124. Brodier, L., Au Proche-Orient: Deux réalisations françaises de pompage pour irrigation (Iran). În: Rev. L'eau et L'industrie, 1978.
125. Brooks, R.H., Corey, G.L. *Hydrology papers*. Colorado State University, Fort Collins, 1970.
126. Brudastov A.D. *Osusenie mineralnâh i bolomâh zemel*. Moskva, 1955.
127. Buhoci L. și colab. *Observații asupra apei freatice, solului și producției agricole în câteva incinte îndiguite din Lunca și Delta Dunării*. Studii de Hidroameliorații, Vol. II, București, 1965.
128. Buhociu, L. – *Drenarea terenurilor în pantă*. Rev. CIDH – IF. Nr. 10, 1973.
129. Buneatean L.B. și colab. *Calcularea cantității de apă care trebuie pompată la drenajul vertical*. În: Revista „Hidrotehnică și Ameliorații”, nr. 12, 1956 (trad. I.D.T.), București.
130. Buras, N., A study of water resource constraints on Energy-Related Activities. Stanford, California, 1981.
131. Buras, N., Determining the feasibility of integrating water resource constraints into energy models. Stanford, California, 1979.
132. Buras, N., Meyers, S. Towards automated irrigation. Haifa, Israel, 1969.
133. Buras, Nathan. Scientific allocation of water resources. New York, 1972.
134. Busalae, I.V., Slosnâe vodohoziaistvennâe sistemî. Metodî ghidrologhi-ceskogo obosnonavia, modelirovania i optimizații resenii. Izdatelstvo Nauka Kazanskoi S.S.R., Alma Ata, 1980.
135. Buyalski, C.P., Serfozo, E., Electronic filter level off-set (EL-FLO) plus Reset equipment for automatic down stream control of canals REC- ERC-79-3. Engineering and Research Center, Denver, Colorado, 1979.
136. Buzatu I. *Mecanizarea lucrărilor de regenerare a pășunilor și fânețelor*. I.D.T. București, 1961.
137. Carafoli E. și colab. *Mecanica fluidelor*. București, Editura Academiei R.P.R. Vol. I, 1952, Vol. II, 1955.
138. Carbonnières R. *Caractéristiques hydrauliques des réseaux fonctionnant à la demande*. În: „La houille blanche”, nr. 5, 1966.
139. Carlier, M. *Hydraulique générale et appliquée*. Paris, Editura Eyrolles, 1972.
140. Carmantrand, J., Carmantrand, G., *Analyse des rendements de plusieurs ouvrages d'irrigation de surface et sous pression, et modernisations à envisager*. Congresul 11 de Irigații și Drenaje, Grenoble, 1981.
141. Carruthers, I., Clark, C., *The economies of irrigation*. Liverpool University Press, Liverpool, 1981.
142. Carstens, M.D. *The hydraulics of Sprinkler Irrigation*. Bull. of the Washington State – Institute of Technology, nr. 212 May, 1951.
143. Castany G. *Traité pratique des eaux souterraines*. Paris, 1963.
144. Caussade B., Koreta R., et Thirriot C. – *La migration des pesticides dans les sols non saturés (Drainage Environnemental)*. L'expérience menée à l'INP. de Toulouse, 1993.
145. Cavazza D. *L'intensita istantanea di pioggia nelle ipotesi e nella realta*. În: L'irrigazione”, nr. 2, 1960, Bologna.
146. Cavazza, D. *Note nell'irrigazione in Israele: breve resoconto*. În rev. „L'Irrigazione”, nr. 2/3, 1966.
147. Cavazza, D. *Problemi e prospettive nell'automazione degli impianti per l'Irrigazione a pioggia*. În rev. „L'Irrigazione”, 1965.

148. Cavazza, D.R., *Note nell'irrigazione în Israele: breve resoconto*. Revista L'irrigazione, nr. 16, Israel, 1971.
149. Cazacu E. și Dorobanțu M. *Stabilirea suprafețelor deservite de agregate pentru aspersiune*. În: Revista „Mecanizarea și electrificarea agriculturii”, nr. 6, 1962.
150. Cazacu E. și Roșca M. *Unele aspecte tehnice de specialitate privind irigația prin aspersiune*. În: Revista „Hidrotehnica”, nr. 8, 1963.
151. Cazacu, E. – *Scheme hidrotehnice pentru amenajări de îmbunătățiri funciare*. În: Lucrările primului simpozion de Îmbunătățiri funciare, București, 1985.
152. Cazacu, E. și col. *Amenajări de irigații*. București, Editura Ceres, 1973.
153. Cazacu, E., Dorobanțu, M., Georgescu, I., Sîrbu, E., *Amenajări de irigații*. Editura Ceres, București, 1982.
154. Cazacu, E., Dorobanțu, M., Georgescu, M., Sârbu, E., *Amenajări de irigații*. București, Editura Ceres, 1972.
155. Cănescu, T. și col. *Instalații electrice de utilizare*. București, Editura Tehnică, 1968.
156. Cărciu, I. *Determinarea instantanee a umidității solului*. În „Revista de documentare curentă, Noutăți în irigații”, vol. II, nr. 6, 1969.
157. Cârlig A. „Rugozitatea țevelor din material plastic”, Analele I.C.I.F.P., Seria Hidrotehnica, vol. 1, Buc. 1968.
158. Celestre, P. *Drip irrigation for orchards and vineyards*, Reprint from discussions VII european regional meeting – ICID – Praga, 1970.
159. Cerkasov A.A. *Ameliorația și alimentarea cu apă în agricultură* (trad. din l. rusă). București, Editura Agro-Silvică, 1954.
160. Certousov, M. *Hidraulica*, București, Editura Tehnică, 1966.
161. Certousov, M.D. *Hidraulica* (traducere din limba rusă). București, 1965.
162. Champetier De Ribes *La cartographie des mouvements de teren*. Bulletin des Liaison Laboratoires de Ponts et Chaussées, Nr. 150-151, Paris, 1987
163. Chapin, R.D. *Irigarea prin picurare* (traducere). În rev. „Documentare curentă”, nr. 16, 1971.
164. Charles P., Claude M., Vazken A. *Modèles hydrologiques du Génie Rural* (GR), , Juin 2007 , Cemagref, UR Hydrosystèmes et Bioprocédés Parc de Tourvoie.
165. Chesuess, J.L., Kidder, E.H., Dhanak, A.M. *Transferul de masă și căldură. Studiu al protecției antigel prin irigație prin presiune, pe model*. În „Transaction of the ASAE” S.U.A., vol. 11, no. 1, 1968.
166. Chimion Gh. și colab. *Pompe centrifuge*. București, Editura Tehnică, 1964.
167. Chiriac, V. și colaboratorii, *Prevenirea și combaterea inundațiilor*. Editura Ceres, 1980.
168. Chiriță, C. *Pedologie generală*. București, Editura Agrosilvică, 1955.
169. Chiru C. *Canalizarea râurilor și irigațiuni*. București, 1893.
170. Christiansen, J.E. *Irrigation by Sprinkling*. Calif. Agr. 1942.
171. Ciobanu C., Biliuță C., Rusu I, „Asupra calculului hidraulic al conductelor din material plastic”, Buletin I.P.I. 1967.
172. Ciobanu, Jescu, C. *Proiect de diplomă*. Facultatea de Hidrotehnică, Iași, 1973.
173. Cioc D. *Hidraulica și elemente de mecanica fluidelor*. Vol. I, București, Editura Didactică și Pedagogică, 1959.
174. Cioc D. și colab. *Câteva probleme privind studiul mișcării apei în râuri*. București, Studii de Hidraulică, Vol. IV, I.S.C.H., 1962.
175. Cioc D. și colab. *Studii și cercetări asupra mișcării nepermanente în stații de pompare*. București, 1964.
176. Cioc, D. *O metodă de calcul al mișcării nepermanente în albie deschise*. În „Rev. Hidrotehnica”, nr. 6, 1969.
177. Cioc, D., *Hidraulică*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983.
178. Cioc, D., Tatu, G., *Modelarea în hidrotehnică*. București, Revista Hidrotehnica, nr. 7, 1981.
179. Cismaru, C., Gabor, V. – *Gestiunea deșeurilor solide*. Iași, 2004.
180. Cismaru, C., Gabor, V. – *Irigații: amenajări, reabilitări și modernizări*. Ed. Politehniun, Iași, 2004.
181. Ciubotaru, C. *Lucrare de doctorat*. Iași, 1974.
182. Ciugaev, R.R., Ghidravlika. *Energoizdatelstvo*, Leningrad, 1982.
183. Clément, R. *Calcul des débits dans les réseaux d'irrigation fonctionnant a la demande*. În „La Houille Blanche” Paris, nr. 5, 1966, Paris.
184. Clément, R. *Méthodes de calculs des projets de réseaux de distribution d'eau d'irrigation sous pression*. În „Colloque d'irrigations et du drainage, Aix-en-Provence”, France, 1971 și rev. „La Houille Blanche”, nr. 5, 1966.
185. Clément, R. *Méthodes de calculs des projets de réseaux de distribution d'eau d'irrigation sous pression*. În „Colloque d'irrigations et du drainage”, Aix-en- Provence (France), 1971.
186. Cojocaru I. – *Surse, procese și produse de poluare*, Edit. Junimea, 1995.
187. Cojocaru Silvia, D. Burlacu, V. Blidaru, V. Dobre – *Studii necesare modernizării, retehnologizării și adaptării la condițiile agriculturii cu economie de piață a amenajărilor hidroameliorative complexe Tabăra-Trifești-Sculeni*, Edit. Buletin ISPIF, 1993.
188. Coman C., Pătrășcoiu Marta, Blidaru V. – *Dezvoltarea lucrărilor de irigații în spațiul Siret-Bărăgan*, Edit. Buletin III ISPIF, 1991.
189. Coman Iuliana, Ileana Stan, Blidaru V. – *Lucrările hidroameliorative în incinta Luciu-Giurgeni, în condițiile privatizării*, Buletin III ISPIF, 1993.
190. Comaniuc, C., Adler, I. *Introducerea irigațiilor în perimetrul Giurgiu – Răzmirești*. În rev „Hidrotehnica”, nr. 6, 1969, București.

191. Combes G. *Les suppressions dans les réseaux d'irrigation par aspersion*. În „La houille blanche”, nr. 5, 1966.
192. Combes, G., *Régulation des reseaux d'eau en charge ou a surface libre*. Neyrtec, Pont-de-Claix, 1981.
193. Combras, G. *Quelques réflexions sur l'évolution des systèmes de regulation de débits et de niveau dans les canaux*. În „La Houille Blanche”, Paris, nr. 1, 1968.
194. Comitetul Național de Irigații și Drenaje, Bulgaria – *Amenajări de Irigații și Drenaje* – Sofia, 1959
195. Corey, G.L., Corey, A.T. *Similitudinea drenajului solului*. În rev.: „Jurnal de Irigații și Drenaje”, septembrie, 1967.
196. Costea V. – *Contribuții asupra alegerii soluțiilor de drenaj în solurile grele salinizate*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică Iași, 1994.
197. Crețu, I., *Hidraulică generală și subterană*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1971.
198. Cristea N. *Hidraulică subterană*. București, 1956.
199. Christiansen E.J. *Irrigation by sprinkling*. Bull. nr. 670, University of California, 1942.
200. Csaplár, K., Feher, F., Impacts of surface – and subsoil drainage on crop fields and on the physical parameters of cohesive soils. Fort Collins, U.S.A., al XII-lea Congres Internațional de Irigații și Drenaje, 1984.
201. Cunge, J.A., Wegner, M. *Integrarea numerică a ecuațiilor de scurgere în regim barat ale lui Saint-Venant printr-o schemă implicită*. În „La Houille Blanche” Paris, nr. 1, 1964.
202. Curtet, R., Ruby, P., *Contribution à l'étude du drainage. Etude par analogies du compartiment d'un drain l'interception dans quelques cas particuliers*. Nancy, Journées d'Hidraulique, 1960.
203. Dan E. *Regularizări de râuri*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1964.
204. Dan E. *Telemăsura nivelului de apă*. În: Revista „Hi0drotehnica, gospodărirea apelor, meteorologia”, nr. 10, 1964 și 2, 1965.
205. Daoud El. Hamidi. *Regimul freatic și salin în afara perioadei de irigație în zona terasei Călărași în perioada 1961-1965*. București, Studii de hidroameliorații, Vol. III. 1966.
206. Darlot M. *Conducerea udărilor*. Trad. din revista „Agriculture”, nr. 256, mai, 1963, Franța.
207. Darvez-Bornoz, R. *Rapport général introductif sur le thème général. Conception, étude, réalisation et exploitation des réseaux modernes de distribution d'eau d'irrigation par canalisations sous pression*. În „Colloque d'irrigations et du drainage”, Aix-en-Provence (France), 1971.
208. David, I. *Considerații asupra calculului hidraulic al conductelor cu debit variabil pe parcurs*. În: Studii și cercetări de mecanică aplicată, nr. 5-6/1984, Editura Academiei R.S. România.
209. De Boni, D., *Logiciel de drainage sur géosystème*. Franța, Revista Geometre, nr. 4, 1984.
210. Dedrick, A.R., Zimbelman, D.D., *Automatic control of irrigation water delivery to and onform in open channels*. Grenoble, Congresul 11 de Irigații și Drenaje, 1981.
211. Degan A. *Aspects pedologiques de l'irrigation par aspersion (Italia)*, R. 30, Congres IV, C.I.I.D., Madrid, 1960.
212. Delouvee, R. *La lutte contre les gelées de printemps par le système totalgaz*. În rev. „Génie Rural” Paris, no. 2, 1969.
213. Deloye M. și colab. *L'irrigation en grande culture*. Paris, 1958.
214. Department of Rural Irrigation – *Irrigation Districts in China*. Agricultural Publishing House, Beijing, China, 1991.
215. Diankov, Z., Velkovski, G., Radoslavov, S., *Additional Drainage measures caused by the Inferior Estimation of Groundwater slope inflow in Polders*. IAHN, Moscow, 1983.
216. Dissescu, C.A. și col. *Fizică și climatologie agricolă*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1971.
217. Ditzler, P. *An automatic flow control for canals*. În „Comunicările Congresului al 8-lea Internațional de Irigații și Drenaje”, P. 28.2, Varna, 1972.
218. Djuninski, B., Hristov, V., *Rukovodstvo za upravljanje po napojitelni sistemi*. Sofia, 1982.
219. Doboș A., *Dimensionarea hidraulică a aripilor de aspersiune*, Budapesta Műszaki Egyetem Vizgázalkodási Tanácsa, 1968.
220. Doboș A. *Hdraulics of the Sprinkler Lateral*. În „Colloque d'irrigation et du drainage, Aix-en- Provence”, France, 1971.
221. Doboș A., *Hydraulics of the Sprinkler Lateral*. Referat ținut în cadrul Colocviului din Aix-en-Provence, 14-19 iulie 1971, și publicat de Comitetul Național Francez al Comisiei Internaționale de Irigații și Drenaj.
222. Dobre, V. și colab. *Proiectarea lucrărilor de îmbunătățiri funciare asistată de calculator*, București, 1987.
223. Dobre, V., Mihăescu, O., *Irigarea pe brazde în sistemele existente cu conducte îngropate*. Revista Hidrotehnica, nr. 1, București, 1986.
224. Dobre, V., *Model matematic de simulare a regimului de irigare-spălare în serele drenate*. Teză de doctorat, București, 1980.
225. Dobre. V. – *Contribuții la stabilirea metodologiei de calcul și a schemelor drenajului în mediul hidrologic al serelelor legumicole*. Teză de doctorat, București, 1980.
226. Donciu C. *Abace de calcul a evapotranspirației potențiale și a bilanțului apei în sol*. În: Revista „Meteorologia, hidrologia și gospodărirea apelor”, nr. 1, 1963 și 9, 1965.
227. Donciu C. *Evaporația în R.P.R.* În: Revista „Meteorologia, hidrologia și gospodărirea apelor”, nr. 1, 1958.
228. Donciu, C. *Seceta, înghețul, grindina și alte fenomene dăunătoare agriculturii*. În „Publicațiile S.R.S.C.”, București, 1959.
229. Doneaud, A., Perșunaru, R. *Prevenirea și combaterea brumelor și înghețurilor de noapte în legumicultura și pomicultură*. București, Editura Agrosilvică, 1968.

230. Donev, C., *L'irrigation en Bulgarie*. Sofia Press, 1972.
231. Dorobanțu M. și colab. *Sisteme moderne de irigație*. Editura Agro-Silvică, 1966.
232. Dron, A. – *Alunecările de pământ și combaterea lor*, I.D.T. București, 1969.
233. Dumitrescu St. și colab. – *Economia Mondială*, Edit. Interprint, 1997.
234. Dumitriu, P. *Organizarea muncii administrative*. Universitatea „Al. I. Cuza”, Iași, 1971.
235. Dyck, S., *Die Wasserhaushaltbilanz unserer Erde*. În: *Wissenschaft und Fortschritt*, No. 5, 1968.
236. Edijatno, Ir. 1991. Dezvoltarea unui model ploaie-scurgere de bază la pas de timp zilnic. Teza de doctorat, Universitatea Louis Pasteur / ENGEES, Strasbourg
237. Emperger F.V. *Handbuch für Eisenbetonbau in vier Bänden*. Berlin, 1907
238. Falkenmark, M., Lindh, G., *How can we cope with water resources situation by the year 2015*. Ambio, No. 3/4, 1974.
239. Fedorov I.F. și Saharov I.V. „Răscet mestnii coprotivlenii pri proektirovanii kanalizatsionnih cetei”, Leningrad, 1958.
240. Feodorov, V. – *Etape de execuție la celula I a depozitului de deșeuri menajere Sighișoara*. Conferința Națională „Managementul deșeurilor menajere”, Târgu Mureș, 1998.
241. Firschnbach, P.E., Davis, S.R. *Furrow irrigation of Nebraska soils*, Univ. Nebraska. S.U.A.
242. Florea N. *Adâncimea critică a apei freactice în câmpia subcolinară Mizil-Stâlp*. Buletin științific, secția de Științe Biologice – Agronomice. București, tom. VI, nr. 4, 1954.
243. Florea N. *Raionarea preliminară a sărăturilor din R.P.R.* În: Revista „Probleme agricole”, nr. 9, 1958.
244. Florea, J., Panaitescu, V., *Mecanica fluidelor*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979.
245. Florea, J., Robescu, D., Petrovici, T., Stamatoiu, D., *The energetical perfectibility of the forced convection aeration equipments through the automatic control of the transfer process*. Simpozion Hidraulica sistemelor și automatizări, București, 1984.
246. Florea, N., Munteanu, I. *Terenurile afectate de exces de umiditate în România*. În rev.: „Documentare curentă”. București, 1972.
247. Florescu Gh. *Cercetări privind modificarea indicilor funcționali-calitativi și contribuții la stabilirea schemelor de udare în condiții de vânt la instalațiile de irigare prin aspersiune I.A.C. și I.A.J.* Lucrare disertație, București, I.A. „N.B.”, 1964.
248. Florescu, Gh., *Folosirea instalațiilor de irigații prin aspersiune în funcție de regimul eolian*. În „Buletinul științific al Institutului agronomic Nicolae Bălcescu”, București, 1962.
249. Fornari V. *Il Prosciugamento dei terreni nelle bonifiche*. Roma, 1932.
250. Fourmigue, P. și Lavabre, J., 2005. Prognozarea inundațiilor cu model conceptual precipitații-scurgere GR3H. Rev. Sci. Eau, 18 (1), 87-102.
251. Fuchs, M. *Chimia, irigația și estimarea evapotranspirației* (traducere din limba engleză). Beit Dagan – Israel, 1970.
252. Fuchs, M. *Transferul apei din sol către atmosferă* (traducere din limba engleză). Beit Dagan – Israel, 1970.
253. Fülöp, E., *Régime transitoire au gradin de comande du régulateur du débit à deux voies*. Simpozion Hidraulica sistemelor și automatizări, București, 1984.
254. Gablik, I., Sálek, I. *Závlahove stavby III*. Brno, 1968. 31.
255. Galand, M. *Techniques modernes de calcul des réseaux d'irrigation*. În „Colloque d'irrigation et du drainage, Aix-en-Provence”. France, 1971.
256. Gardner, W.R., Brooks, R.H. *Teoria descriptivă a filtrării*. În rev.: „Soil Science”, vol. 83, 1957.
257. Găzdaru, A., Sofronie, D. *Considerații privind abordarea problemei deșeurilor menajere în România*. Conferința Națională Târgu Mureș, 1998.
258. Génie rural, eaux et forêts, Ponts et chaussées Routes parallèles et destins croisés par Constant Lecoeur - Ingénieur général honoraire des ponts, des eaux et des forêts Vice-secrétaire de l'Académie d'agriculture de France, 2016, Tricentenaire des ponts et chaussees.
259. Georgescu, I., Barbu, E., Cazacu, E., Dorobanțu, M. – *Amenajări de irigații*, Editura Ceres, 1980.
260. Gerber, J.F., Harrison, D.S. Irigația prin aspersiune pentru protecția citricelor de îngheț. În „ASAE”, Michigan (S.U.A.), vol. 7, no. 4.
261. Gheorghiu I.M. *Folosirea multilaterală a instalațiilor de aspersiune*. În: Revista „Probleme Agricole”, nr. 7, 1958.
262. Gheorghiu I.M. *Irigația prin aspersiune în viticultură și pomicultură*. În: „Grădina, via și livadă”, nr. 11, 1960.
263. Gheorghiu I.M. *Îmbunătățiri funciare*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1964.
264. Gheorghiu I.M. și colab. *Contribuții la exploatarea rațională a instalațiilor prin aspersiune*. Lucrări științifice, Inst. Agr. București, 1961.
265. Gheorghiu I.M. și colab. *Contribuții la studiul solurilor de pe pășunile și fânețele naturale irigate, din zona Berevoi-Sâmbăta, raionul Făgăraș*. Sesiunea științifică, Inst. Agr. București, 1962.
266. Gheorghiu I.M. și colab. *Indici de exploatare ai instalațiilor de aspersiune (Instalații E.K.M.)*. Lucrări științifice, Inst. Agr. București, 1961.
267. Gheorghiu I.M. și colab. *Mașini pentru lucrări de îmbunătățiri funciare*. București, Editura Agro-Silvică, 1960.
268. Gheorghiu I.M., Blidaru A. *Automatizarea reglării nivelelor și debitelor pe rețeaua de irigație*. În: Revista „Hidrotehnica”, nr. 1, 1961.
269. Gil P.L. *Probleme de organizarea muncii la irigația prin aspersiune*. Trad. din Revista „Agriculture”, sept. 1963, Franța.

270. Gilbert, M., Rapport général sur la question Nr. 1, *Conception généraux des réseaux de distribution d'eau d'irrigation*. Aix-en-Provence, France, Colloque d'irrigation et du drainage, 1971.
271. Gilbert, Manuellan. Rapport général sur la question No. 1. *Conceptions générales des réseaux de distribution d'eau d'irrigation*. În „Colloque d'irrigations et du drainage”, Aix-en-Provence (France), 1971
272. Giurconiu M. *Hidraulica și lucrări edilitare II*. Timișoara, 1965.
273. Giurconiu M., Jura C., Popa Gh., Mirel I. *Studiul sistemului rețea-bazin de retenție, pompe*. Conf. Mas. Hidr. Timișoara, 1964.
274. Giurma, I. – *Sisteme de gospodărire a apelor*. Editura Cermi, Iași, 2000.
275. Glebov P.D. *Curs de irigații*, Leningrad, 1938.
276. Gluhov I.G. *Irigația cu ape subterane*. În: Revista „Hidrotehnica și Ameliorații”, nr. 9, 1956. Trad. I.D.T.
277. Gnoevîh, M.A. *Sposobî poliva i ekonomika vozdelivaniia kultur pri orošenii*. În „Ghidrotehnika i meliorația” S.S.S.R. nr. 6, 1971.
278. Gobjilă W. *Folosirea apelor uzate în agricultură*. În: Revista „Probleme agricole”, nr. 8, 1955.
279. Goldberg, D. și col. *Creșterea întrebuințării apei sărate în agricultură, prin intermediul irigației prin picurare* (traducere din limba engleză). În „Water Boulletin”, nr. 4, 1971, U.S.A.
280. Goldberg, D. și col. *Distribuția rădăcinilor, apei și a substanțelor minerale, așa cum rezultă la irigarea prin picurare* (traducere din limba engleză). În „Journal of the American for Horticultural Science”, U.S. A., nr. 5, 1971.
281. Goldberg, D. și col. *Efectul intervalelor de irigare prin picurare asupra distribuției și utilizării umidității solului într-o podgorie* (traducere din limba engleză). În „Soil Science Society of America Proceedings” U.S.A., vol. 35, nr. 1, 1971.
282. Goldberg, D. și col. *Irigarea prin picurare – o metodă folosită în condiții aride și de deșert, cu apă la suprafață și sol salin* (traducere din limba engleză). În „Transaction of the ASAE” U.S.A., vol. 13 nr. 1, 1970.
283. Goldberg, D. și col. *Irigarea prin picurare – o metodă pentru creșterea producției agricole în condiții de apă salină și soluri diverse* (traducere din limba engleză), în „Soil Science Society of America Proceedings”, vol. 35, U.S.A., nr. 1, 1971.
284. Goldberg, D. și col. *Metodele și tehnicile de irigare în Israel* (traducere din limba engleză). În „Soil Science Society of America Proceedings”, vol. 35, U.S.A., nr. 1, 1971.
285. Goldberg, D. și colab. *Irigarea prin picurare – un nou mod de irigație în dependență totală de materiale plastice polimere*. S.U.A., Soil Science of America Proceedings, nr. 1, 1971.
286. Goldberg, D. și colab., *Irigarea prin picurare – o metodă pentru creșterea producției agricole în condiții de apă salină și soluri diverse*. S.U.A., Soil Science Society of America Proceedings, nr. 1, 1971.
287. Goldberg, D., Gornath, B., Teich, A. *Automatic irrigation by means of electro-tensiometer*. PR-80967 ICWA, Israel, 1987.
288. Goldberg, D., și col. *Irigarea prin picurare – un nou mod de irigație în dependență totală de materialele plastice polimere* (traducere din limba engleză). În „Soil Science Society of America Proceedings”, vol. 35, U.S.A., nr. 1, 1971.
289. Granados H.A. *Irigația prin aspersiune în comparație cu alte metode folosite în prezent în Spania – Provincia Gadiz și împrejurimi*. R-21 Congres IV C.I.I.D., Madrid, 1960.
290. Gray, H., Levine, E., Bogema, M. *Friction Loss in Aluminium Pipe*. Agr. Engin 35, 1954.
291. Grișin M.M. *Construcții hidrotehnice*. București, Editura Energetică de Stat, 1952 (trad. l. rusă).
292. Grosu, M. *Sisteme reversibile și mixte pentru reglarea regimului de apă în sol*, Teză de doctorat, 1995 (Institutul Politehnic Iași).
293. Grosu, M. și colab. *Folosirea mixtă a rețelei de drenaj din Lunca Dunării*. Edit. Buletin ISPIF III, 1993.
294. Grrrenlaw, R.C., Clack, D., *Digital simulation of pumped distribution and strorage systems*. Congresul 9 de Irigații și Drenaje, Moscova, 1975.
295. Gruia, A.M. *Argila – materiale active în realizarea deponiilor*. Simpozionul „Ecotim” 2000, Timișoara
296. Grumeza, N. *Irigarea plantațiilor pomicole*. București, Editura Ceres, 1970.
297. Grumezea, N. și Dragănescu, O. *Irigații prin picurare*. Editura Ceres, București, 1983.
298. Guido Di Ricco. *L'irrigazione dei terreni*. Bologna, 1967.
299. Guido, Di Ricco *L'irrigazione dei terreni*. Bologna, 1965.
300. Gulhati N.D. *Administration and Financing of Irrigation works in India*. Delhi, 1965.
301. Guștiuc L. *Pedologie* (manuscris). 1966.
302. Guștiuc, L. *Pedologie generală și ameliorativă*. Rotaprint, Institutul Politehnic „Gh. Asachi”, Iași, 1972
303. Hainige, V., Stranka, V. *Instalație pentru reglementarea bilaterală a nivelului apei freatice* (traducere din limba cehă), 1973.
304. Hainige, V., Vincene, S. *Zariadenic na abojstranne regulavanie bladiny podzemney vody*. În rev.: „Noutăți”, seria a III-a, nr. 12, 1973.
305. Haret C. *Considerații asupra adâncimii de drenaj în condițiile țării noastre*. in: „Probleme Agricole”, nr. 1, 1958.
306. Haret C. și colab. *Cercetări privind drenajul cârțiță pe terenuri în pantă, în condițiile depresiunii Huedinului*. Studii de hidroameliorații. Vol. I, I.S.C.H., București, 1963.
307. Haret, C., Stanciu, I. *Tehnica drenajului pe terenurile agricole*, București, Editura Ceres, 1973.

308. Hart, E.W., Bassett, L.D., Strelkott, T. *Surface irrigation hydraulicskinematies*. În rev. „Journal of the Irrigation and drainage division”. S.U.A., Dec. 1968.
309. Hart, E.W., Sakkas, S.G. *Irrigation with cut-back furrow stream*. În rev. „Journal of the irrigation and drainage division,” S.U.A., March, 1968.
310. Harvey L. Topham – *Hystory of irrigation in western Canada*. PFRA, 1982.
311. Hatate, I., *The establishing process of the Ogo and Yamada canals*. United Nations University, Tokyo, 1981.
312. Hâncu, S. *Automatic control and operation of irrigation systems*. În „Al VII-lea Colocviu internațional de irigații și drenaje”, Aix-en-Provence (Franța), 1971.
313. Hâncu, S., *Canalul Dunăre – Marea Neagră*. Studii și Cercetări de Hidraulică. I.C.H., București, 1982.
314. Hâncu, S., Dan, P., *On the stability of pressurized hidraulic systems with automatic regulators*. Simpozion Hidraulica sistemelor și automatizări, București, 1984.
315. Hâncu, S., Dan, P., *Quelques problèmes hydrauliques à l'automatisation des canaux d'adduction de l'eau dans le système d'irrigation Covurlui*. Simpozion Hidraulica sistemelor și automatizări, București, 1984.
316. Hâncu, S., Dan, P., *Some results concerning the water motion stability in canals with automatic controllers of the Bival type*. În: Hydraulics research, vol. XXX, Hydraulic Engineering Research Institute, Bucharest, 1984.
317. Hâncu, S., Diaconu, S., Dan, P., *Réglage automatique des niveaux de l'eau dans le Canal Danube – Mer Noire*. Simpozion Hidraulica sistemelor și automatizări, București, 1984.
318. Hâncu, S., *Modelarea în curenți de aer*. Editura Academiei R.S.R., București, 1967.
319. Hâncu, S., Rus, E., Dan, P., Teodoreanu, G.H., *Hidraulica sistemelor de irigație cu funcționare automată*. Editura Ceres, București, 1982.
320. Hâncu, S., și col. *Unele probleme ale automatizării sistemelor de irigație în țara noastră, studiate în I.C.I.F.P.* În „Lucrările consfătuirii de lucru, studii pedologice, hidro-geologice, geotehnice și hidraulice pentru proiectarea și exploatarea lucrărilor de irigație”, București, 1969.
321. Hâncu, Simion și colab. *Hidraulică aplicată*, Ed. Tehnică, București, 1985.
322. Hâncu, S., și col. *Dimensiunea canalelor de aducțiune din sistemele automate de irigație după metoda bilanțului*. În „Analele I.C.I.F.P.”, București, 1968.
323. Herovanu, M. *Introducere în fizica atmosferică*. București, Editura Academiei, 1957.
324. Herve, J.J., *Les expérimentations de drainage*. Grenoble, Congresul 11 de Irigații și Drenaje, 1981.
325. Hisahiko Ono. *Îmbunătățirea irigației și drenajului în terenurile joase umede (zona râului Naka) în partea nordică din Tokio*. R. 16, Congresul III al C.I.I.D., 1957.
326. Holy, M., Framji, K.K., *Assessment of the World Water Situation – Irrigation Systems in the total Water Management*. UN Water Conference, Mar del Plata, 1977.
327. Holy, M., Framji, K.K., *Research and Technological Developments in Irrigation and Drainage Water Management*. UN Conference on Science and Technology for Developement, Vienna, 1979.
328. Holy, M., *Irrigation systems and their sol în the food crisis*. Grenoble, Congresul 11 de Irigații și Drenaje, 1981.
329. Holy, M., Kos, Z., *Water Resource Planning for Irrigation Systems*. În: Water Supply and Management, No. 5, 1981.
330. Holy, M., Riha, J., Sladek, J., *Society and Human Environment*. Prague, 1975.
331. Holy, M., *Water and the Environment*. FAO, Rome, 1971.
332. Hosu Gh. *Gospodărirea apelor – o problemă importantă a economiei naționale*. În: „Viața economică”, nr. 14, 1964.
333. Houk I.E. *Tehnica irigației*. Vol. I și II. (trad. l. engleză), 1956.
334. Hua, Jing., *Pequenas centrales hidroelectricas*. În: Rev. Beijing Informa, XIX, No. 32, 1982.
335. Huang Wei – *Debat sur le pollution des eaux*, în Beijing Information, an 37, Nr. 13 Beijing, 1999
336. Hulpoi N. și colab. *Posibilități de sporire a producției vegetale în condiții de irigare pe cernoziomul mediu levigat de la Fundulea*. Probleme agricole, nr. 6, 1964.
337. I.S.C.I.F.G.A. „*Stabilirea indicilor necesari proiectării irigației prin aspersiune*”, București, 1970.
338. Idelcik I.E., „*Spravocinik po ghidravliceskim coprotivlenicam*”, Moscova, 1969.
339. Iga, N., Nedelcu, M. *Tehnologia de utilizare a instalației de aspersiune cu tambur și furtun IATF-300*. Lucrări ICITID Băneasa-Giurgiu, 1985.
340. Iga, N., Nistoroiu, Gh., Nedelcu, M. *Tehnologia de utilizare a instalației de aspersiune cu deplasare frontală IADF*. Lucrări ICITID Băneasa- Giurgiu, 1985.
341. Iliescu, I., Probleme globale și Woldwatch Institute. În (Browen, L. = coordonator), „*Probleme globale ale omenirii*”, București, Editura Tehnică, 1988.
342. Ioan N.G. și Iga N.G. *Construcții hidrotehnice în lucrări de hidroameliorații*. București, Editura Agro-Silvică, 1963.
343. Ionescu Bujor CI., Alexe, Gh., Găzdaru, A., Jijie, Gh. – *Optimizări în lucrările de îmbunătățiri funciare*. În: Editura Ceres, București, 1985.
344. Ionescu M. *Contribuții la irigarea prin scurgere la suprafață prin folosirea conductelor flexibile transportabile*. Teză disertație, Inst. Agr. București, 1965.
345. Ionescu Sisești, V., și colab. – *Culturi irigate (practicum)*. În: Editura Ceres, București, 1982.
346. Ionescu, D. Gh., *Introducere în hidraulică*. Editura Tehnică, București, 1977.

347. Ionescu, Fl., *Automated operation of the Olt – Călmățui irrigation system*. Simpozion Hidraulica sistemelor și automatizări, București, 1984.
348. Ionescu-Sișești, V., Nastea, S., Comaniuc, C., Dorobanțu, M., Dumitru, M. – *Unele probleme ale irigației terenurilor agricole cu ape uzate provenite de la complexele de creștere a porcilor*. Rev. Hidrotehnica vol. 25, Nr.3, 1980.
349. Ionescu-Sișești D. *Concepții noi în proiectarea prizelor din râuri și rezultate de la prizele executate*. București, 1953.
350. Ionescu-Sișești D. *Schemele prizelor cu nivel liber din râuri*. În Revista „Hidrotehnica”, nr. 9, 1961.
351. Ionescu-Sișești D. *Un nou tip de priză pentru captarea apei din râuri*. În: Revista Hidrotehnica”, nr. 6, 1951.
352. Ionescu-Sișești D., Pavel M. *Stații de pompare plutitoare*. București, Editura Agro-Silvică, 1959.
353. Ionescu-Sișești V. și colab. *Agrotehnica culturilor irigate*. București, Editura Agro-Silvică, 1962.
354. Ionițoia H. *Schiță de raionare ameliorativă a apelor freatice de pe teritoriul R.P.R. cu privire specială asupra terenurilor interesate la lucrările de îmbunătățiri funciare*. În Revista „Hidrotehnica”, nr. 11, 1962.
355. Iorgulescu, F. Planul de gospodărirea apelor. 1971-1975.
356. Isberie Carole *Ouvrages hydrauliques et équipements pour l'irrigation*, Edit. Cemagref Aix-en-Provence, France, 1995.
357. Iscrulescu, I. și col. *Sistemul internațional de unități de măsură*. București, Editura Tehnică, 1970.
358. Israelsen O.W. și Avazi M. *Relații dintre irigație și drenaj*. R. 13, Congr. III al C.I.I.D. 1957.
359. Israelsen O.W. și Hansen E.V. *Irrigation principles and practices*. New York, 1962.
360. Iunievici D.P. *Meliorația mineralnăh zabolocennih zemel dlia ispolzovania ih vod pašniu*. Moskva, 1948.
361. Ivan, C. *Modele de calcul analogic în hidraulica subterană*. București, Editura Tehnică, 1975.
362. Janert H. *Lehrbuch der Bodenmelioration*. Berlin, 1961.
363. Janin, J.L., Laporte, G., Mercier, J.P., *Etude d'une irrigation par rampe frontale à partir d'un réseau de canaux existants* (Cas des marais de Charente Maritime). Congresul 11 de Irigații și Drenaje Grenoble, 1981.
364. Jaubert de Passa, *Recherches sur les Arrosages chez les peuples anciens* (prefață de Roland Darvez-Bornoz, președintele C.I.I.D.), Marseille, 1981.
365. Jelea F. *Canalizarea centrelor agricole și folosirea apelor reziduale la irigații*. București, 1966.
366. Jensen, M.E., Haise, H.R. *Estimating evapotranspiration from solar radiation*. Amer. Soc. Civ. Eng. Proc. 89 (IR 4), 1963.
367. Job J.O., Boivin P. et Loyer J.V. – *Conductivimetrie et representation spatiale des sols soles*, Edit. Cemagref, 1988.
368. Jura C. *Contribuții la calculul caracteristicilor energetice și anticavitaționale ale hidrojectoarelor*. I.P.T. 2 – 1966.
369. Jura C. *Economia apelor*. București, 1967.
370. Jura C. *Studiul mișcării apei la îmbogățirea straterelor acvifere*. Buletin științific și tehnic. I.P.T.I. 1 (1956) – 1.
371. Jura, C. și colaboratorii – *Tratarea apelor subterane feruginoase*. Revista Hidrotehnica, Nr.5, 1962.
372. Jüva K. *Meliorace*. Praha, 1962.
373. Jüva K. și Rýznar I. *Výstavba aúdržba melioracnich zarizeni*. Praha, 1967.
374. Jüva K. *Závlaha pudy*. Praha, 1959.
375. Kabouya, M., 1990. *Modelare precipitații-scurgere, cu cel mai scurt timp lunare și anuale Nord Algeria*. Teza de doctorat, Universitatea Paris Sud Orsay.
376. Kadyrov, A.A., *Reconstruction of irrigation and drainage systems as the basis for irrigated agriculture intensification*. Grenoble, Congresul 11 de Irigații și Drenaje, 1971.
377. Kaus, R., Iurhoff și colab. *Epurarea apelor reziduale. Stații comunale de epurare*. Ed. Tehnică, București, 1988.
378. Kedrolivanski, V.N. *Instrumente meteorologice*. Institutul de documentare tehnică, București, 1955.
379. Kiselev P.G. *Îndreptar pentru calcule hidraulice*. București, Editura Energetică de Stat, 1953.
380. Komov V.A. *Ghidravlica*. Moskva, 1955.
381. Kordovsski, V., și col. *Système fixe d'irrigation par aspersion a perches enfonçables des appareils d'arrosage*. În „Lucrările Congresului internațional de irigații și drenaje”, Varna, 1972.
382. Kostakov, A.N. *Bazele ameliorației* (în limba rusă). Moscova, Editura Selhozghiz, 1952.
383. Kostakov, A.N. *Osnovi meliorații*. Moscova, Editura Sellhozghiz, 1952.
384. Kovalenko, I.P., Tugai, M.A., *Meliorativnâe ghidrotehniceskie sorujenia*, Izdatelstvo Budivelnik, Kiev, 1974.
385. Kovalenko, P.I., *Avtomatizația orositelnâh sistem*. Izdatelstvo Kolos, Moskva, 1983.
386. Kovda V.A. *Toleranța plantelor la sărurile minerale în soluții în apa de irigație și în sol*. Referat prezentat la Congresul al IV-lea al C.I.I.D., Madrid, 1960.
387. Kovda, V.A. *Folosirea drenajului în prevenirea salinizării solurilor irigate*. R. 12. Congresul III al C.I.I.D., 1957.
388. Kraatz, D.B. *Revêtement des canaux d'irrigation*. Roma, 1972.
389. Kvasnikov, P.A., Iancheva, P.A., Nikolova, K.M., Nyagolov, I.N., *Optimization of the Operation of multipurpose Water resources Systems*. IAHR, Moscow, 1983.
390. Labye Y. *Procedés de calcul ayant pour but de rendre minimal le cout d'un réseau de distribution d'eau sous pression*. În: „La houille blanche”, nr. 5, 1966.
391. Labye Y. *Procedés de calcul optimum des réseaux d'irrigation en conduites sous pression*. International Commission on Irrigation and Drainage. Annual Bulletin, 1963.
392. Labye Yves. *Evolution de la conception et des methodes de calcul des reseaux de distribution en irrigation à la demande*. În „Colloque d'irrigation et du drainage, Aix-en-Provence”. France, 1971.

393. Labye, Y. *Mouvements transitoires dans les réseaux de distribution d'eau sous pression*. În: „La houille blanche”, nr. 5, 1967.
394. Lafont, P. Rapport général sur la question No. 3. *Matériels et matériaux employés, méthodes de mise en oeuvre dans la réalisation des réseaux de distribution d'eau d'irrigation par canalisations sous pression*. În „Colloque d'irrigations et du drainage”, Aix-en-Provence (France), 1971.
395. Landers, J.N., Wille, K. Irrigation of agricultural lands. Wisconsin, U.S.A., 1967.
396. Langley, M.N. Trends to sprinkler irrigation. În „International Commission on irrigation and drainage”. New Delhi, 1968.
397. Lașiță E. *Irigația prin aspersiune* (Sinteza referatelor prezentate la Congresul al IV-lea al C.I.I.D.), Madrid, 1963, I.D.T. București, 1963.
398. Lașiță E. și colab. „Îndrumător pentru dimensionarea canalelor, conductelor și drenurilor la lucrările de îmbunătățiri funciare”, Ed. Ceres, București, 1970.
399. Lașiță E. și Grumeza N. *Irigația prin aspersiune*. București, Editura Agro-Silvică, 1967.
400. Lașiță, Em. *Contribuții la îmbunătățirea tehnicii de irigație prin scurgere, în ceea ce privește distribuirea apei pe brazde prin conducte flexibile*. Teză de doctorat. Iași, 1974.
401. Legostaev V.M. *Drenarea orizontală a terenurilor agricole* (trad. Din l. rusă), București, I.D.T., 1954.
402. Lehr Hugo și colab. *Metode noi în proiectarea și executarea fundațiilor*. București, Editura Tehnică, 1963.
403. Leibu Herii, Bartha, I. *Unele aspecte hidraulice privind instalațiile de udare pentru irigații*. În: Revista Hidrotehnică nr. 10, București, 1984.
404. Leibu Herii, Blidaru, V. *Stabilirea parametrilor de funcționare ai conductelor de udare la brazde în vederea distribuției uniforme a apei*. În: Revista Hidrotehnică nr. 11/1984, București.
405. Leibu, H., Bartha, I., *Câteva aspecte hidraulice privind conductele de udare pentru irigații*. Revista Hidrotehnică nr. 11, București, 1984.
406. Lencastre A. *Manuel d'Hydraulique générale*, Edition Eyrolles, Paris, 1963.
407. Lica J., Rus E., *Automatizarea locală și conducerea centralizată a sistemului de irigații Calafat-Băilești*, Edit. Buletin ISPIF III, 1993.
408. Lièvre R. *Les stations de pompage de réseaux d'irrigation par aspersion. Regulation par bassin à la pression atmosphérique et limitation des puissances souscrites*. În: „La houille blanche”, nr. 5, 1966.
409. Liria, J., Topres, C. *Memoire descriptif d'une collection de châteaux d'eau pour l'irrigation par aspersion*. Prospect, Madrid, 1971.
410. Liteanu E. *Hidrogeologie aplicată*. București, Editura Tehnică, 1953.
411. Litninsky, Z.F. Realization of Designs for Pump irrigation Systems. *Equipment and materials used for construction of pipelines and pump stations*. În „Colloque d'irrigations et du drainage, Aix-en-Provence (France), 1971.
412. Livesley M.C. *Field drainage*. London, 1960.
413. Lobacev P.V. și Ruzin M. „*Nomogramme pentru calculul hidraulic al tuburilor de polietilenă*”, Vodavnaenienie i sanitarnaea tehnika nr. 5, 1963.
414. Lombardo, M., *La riziculture dans la Plaine du Logone au Cameroun*. În: Rev. Panorâm, C.D.C. – 1970.
415. Loyer, J., Goussard, J., Gombes, G. *Aspects technico-economiques de l'équipement des canaux d'irrigation en matériel de régulation*. Congresul 11 de Irigații și Drenaje, Grenoble, 1981.
416. Luca I. *Exploatarea eficientă a terenurilor amenajate pentru irigații în gospodăriile agricole de stat*. În: Probleme agricole, nr. 6, 1965.
417. Lucișeva A.A. *Hidrologia practică*. Moscova, 1950.
418. Luppi, G., Grosso, C. Aparat pentru măsurarea centralizată și de la distanță a umidității terenului, prin metoda electrometrică. În rev. „Agronomia”, nr. 4, Italia, 1971.
419. Luthin N.J. *Drainage engineering*. New York, 1966.
420. Luthin, J., *An electrical resistance network solving drainage problems*. S.U.A., Revista Soil Science, vol. 63, 1967.
421. Lvovitch, M.J., *World Water Resources – present and future*. În: Ambio, No. 1, 1974.
422. Maierhofer, C.P. *The importance of drainage in irrigation development*. În: Lucrările Conferinței internaționale „Water for peace”, Washington, 1967.
423. Maierhofer, C.P., *Importanța drenării în evoluția irigației*. Washington, Lucrările Conferinței „Water for peace”, 1970.
424. Makhlof, Z., 1994. *Compléments sur le modèle pluie-débit GR4J et essai d'estimation de ses paramètres*. Teza de doctorat, Universitatea Paris XI Orsay
425. Man, E.T., Wehry, A., David, I., Popescu, F. *Drainage Studies for ground arrangement solution of soils with humidity excess from western Part of Romania*, Eight International Drainage Symposium, march, 2004, Sacramento, California
426. Manbeck, D.M. *Subsurface irrigation*, Irrigation Short Proceedings, Nebraska, U.S.A., 1973
427. Manoliu I. *Regularizări de râuri și căi navigabile interioare*. București, Editura Tehnică, 1959.
428. Mantz N., Popescu N., Trăsculescu Fl. *Baraje de pământ și bazine de retenție în agricultură*. București, Editura Agro-Silvică, 1964.
429. Mantz, N., Blidaru, V., Blidaru, Ecaterina, Bartha, I., *Apa de irigație cu hidroamestec și influența turbidității acesteia asupra rețelelor de conducte pentru irigația prin aspersiune*. Sesiunea științifică jubiliară a Facultății de Hidrotehnică, Iași, 1978.

430. Marchi G. *Idraulica*. Milano, 1955.
431. Marchi G. *Nozioni di idraulica*. Bologna, 1963.
432. Mare, L., *An assessment of the world water situation by 2000*. În: Water International, No. 9, 1977.
433. Martinic, C., Băcăuanu, I. – *Porniturile de teren și modul cum pot fi prevenite și stabilizate*. Revista Natura, seria Geografie-Geologie, Nr.4, 1971
434. Mateescu, Cr. *Hidraulica*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1963
435. Mateescu, Gr. *Hidraulica*. București, Editura Didactică și pedagogică, 1961.
436. Mathevet, T., 2005. Quels modèles pluie-débit globaux pour le pas de temps horaire ? Développement empirique et comparaison de modèles sur un large échantillon de bassins versants Teza de doctorat, ENGREF (Paris), CEMAGREF (Antony) Franța.
437. Matveev, L.D. *Meteorologie generală* (traducere din limba rusă). București, 1961.
438. Mazilu, I., Marin, V., *Sisteme hidraulice automate*. Editura Academiei R.S.R., București, 1982.
439. Măianu A. *Studiul proceselor de salinizare secundară a unor soluri din lunca Dunării*. Lucrare disertație, Inst. Agr. București, 1962.
440. Măianu, A. *Salinizarea secundară a solurilor*. București, Editura Academiei Române, 1964.
441. Mătăsaru T. *Construcția drumurilor*. Partea I, București, Editura Didactică și Pedagogică, 1963.
442. Măra, L., Dima, I., *Simularea în gospodărirea apelor*. În: Revista Hidrotehnică, nr. 7, 1981
443. Mehta M.L. *Comportarea apei freactice sub canalele din Punjab*. R. 5, Congr. III al C.I.I.D., 1957.
444. Metzer I. și colab. – *Strategia continuării amenajărilor pentru irigații din acumularea Suhurlui*, Edit. Buletin ISPIF III, 1993.
445. Metzer I., Golea M. și Delican D. – *Posibilitățile de alimentare cu apă a unui centru Agro-Industrial dintr-un plot de irigații adiacent*, Edit. Buletin ISPIF III, 1993.
446. Michel, J., *Principe de conception des systèmes de commande pour les ressources hydrauliques et l'irrigation grâce à des techniques modernes*. Congresul 11 de Irigații și Drenaje, Grenoble, 1981.
447. Mihăescu Ecaterina, Blidaru V., Pricop Gh. – *Aspecte ale reducerii consumului de apă și energie în sistemele de irigații, cu aplicații în perimetrul Giurgiu-Râzmirești-B.*, Ed. Buletin ISPIF III, 1993.
448. Mihăescu Ecaterina, Ploaie I., Găgiu I., Blidaru V., Baniță P., Dobre V. – *Valorificarea nisipurilor din Sistemul de irigații Sadova-Corabia, prin lucrări complexe de îmbunătățiri Funciare*, Edit. Buletin ISPIF III, 1993.
449. Mihnea, I. – *Tehnici de desecări*. În: Lucrările Primului simpozion de Îmbunătățiri funciare, vol. III, București, 1985.
450. Milligam, T., Should, I. *Irrigate only every ther row*. În rev. „Irrigation Age”, March 1973.
451. Miluşev, G.D., *Omosno kriterii za tocinost pri matemateskogo modelirane na hidravlicinite udari*. În: Tehniceskaia misl. Nr. 2, 1984.
452. Mincov M. și colab. *Organizarea terenurilor irigate* (trad. din l. bulgară). București, 1960.
453. Ministerul Agriculturii. *Scheme tip pentru construcții în lucrări de Îmbunătățiri Funciare*. București, Editura Agro-Silvică, 1960.
454. Ministerul Agriculturii. *Îndrumător pentru dimensionarea canalelor*. București, Editura Agro-Silvică, 1960.
455. Mirică Gh. *Regiunea inundabilă a Dunării și valorificarea sa*. Buletin I.C.P., anul IX, 1950.
456. Mirică Gh. *Regiunea inundabilă a Dunării și valorificarea sa*. Buletin I.C.P., anul IX, 1950.
457. Mitrofan O. *Calculul cotei medii în orezării*. În: „Revista agricolă”, București, 1939.
458. Mîndru R. și colab. *Măsuri pentru evitarea sărăturării și înmlăștinării terenurilor agricole*. București, Editura Agro-Silvică, 1964.
459. Moc A. și colab. *Irigații în spațiul Olt-Vedea- Argeș. Soluții și Priorități*, Edit. Buletin ISPIF, 1993.
460. Mocanu, V. *Automatizări electronice*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1973.
461. Modèles hydrologiques du Génie Rural (GR), Charles Perrin, Claude Michel, Vazken Andréassian, Juin 2007 , Cemagref, UR Hydrosystèmes et Bioprocédés Parc de Tourvoie, BP 44, 92163 Antony Cedex Tel : 01 40 96 60 86, Fax : 01 40 96 61 99 Web : <http://www.cemagref.fr/webgr>
462. Morant, R., *Le Canal de Provençe et l'amenagement de la Region Provençale*. (Extras din Revista Camerei de Comerț și industrie din Marsilia, nr. 809, mai, 1969).
463. Morant, R., *Le Canal de Provençe et l'Aménagement de la Région Provençale*, SOPIC-Marseille, 1970.
464. Motoc M. și Trășculescu Fl. *Eroziunea solului pe terenurile agricole și combaterea ei*. București, Editura Agro-Silvică, 1959.
465. Moțoc, M. *Eroziunea solului pe terenurile agricole și combaterea ei*, Editura Agro-Silvică, București, 1963.
466. Mulqueen, J., Kirkham, D. *Spălarea din stratul de suprafață NaCl prin drenuri de ceramică pe model într-un tanc de nisip*. În rev.: „Journal Paper”, Nr. J 6886 of the Jova et gr. Home Economics Exp. Sta. Amcs. Project, nr. 1 888.
467. Munteanu I. *Apărări de maluri și corectări de râuri*. București, Editura C.F.R., 1949.
468. Munteanu P. *Irigații în R.P.R.* Manuscris, Acad. R.P.R., 1950.
469. Munteanu P. *Tehnica amenajării orezăriilor*. București, Editura Tehnică, 1953.
470. Muraru, V. *Proiect de diplomă*. Iași, Facultatea de Hidrotehnică, Institutul Politehnic „Gh. Asachi”, Iași, 1973.
471. National Commission on irrigation and drainage from Macedonia - *Land Reclamation System*. Skopje, 1988.
472. Negomireanu V. *Cultura porumbului irigat*. București, Editura Agro-Silvică, 1961.

473. Negulescu M. *Primul puț cu drenuri radiale în R.P.R.* În: „Hidrotehnica”, nr. 6, 1958.
474. Negulescu M. *Captarea apelor subterane*. București, 1960.
475. Nesterova, G.S. și col. *Irigarea prin picurare*. În „Revista Ghidrotehnica i Meliorația”, 7/1972, Moscova
476. Neunass E. „*Praktische Strömungs Lehre*”, Veb Verlag Technik Berlin, 1967.
477. Nicolaescu, I., Kruse, G., *Automatic cut-back farrow irrigation system design*. În rev. „Journal of the Irrigation and drainage division”, Sept. 1967
478. Nicolaescu, I., Mihăescu, O. *Cercetări privind corelația dintre nivelul freatic, umiditatea profilului de sol și producția agricolă în condițiile unei incinte îndiguite la Dunăre*. În: Analele ICIFP seria IF, vol. I (V), București, 1967.
479. Nicolaescu, I., Wehry, A. *Determinarea randamentului irigației pe brazde*. În: Analele ICITID, voi. III (XIV), București, 1984.
480. Nicolaescu, I., Wehry, A. *Randamentul irigației prin scurgerea la suprafață*. În: Analele ICITID, 1983.
481. Nicolau C. și colab. *Exploatarea terenurilor din incintele îndiguite și desecate*. București, Editura Agro-Silvică, 1961
482. Nicolau P., Wehry A. *Cercetări de laborator asupra unor deversoare în sifon*. În: „Hidrotehnica”, nr. 6, 1960.
483. Nicolau, C., și col. *Îmbunătățiri funciare*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1970.
484. Nicolescu, C. și colab. *Determinarea diametrului optim și a lungimii maxime ale conductei folosită la udarea localizată prin tuburi (rampe) perforate*. În Analele ICITID, vol. III, 1984, București.
485. Nicolescu, C. *Tehnica irigației în Provincia Hebe din China*. Ed. AGIR, București, 2004.
486. Nikolova, N., Michailov, V., *Modèles de simulation des processus de la régularisation de l'écoulement et la production hydroénergétique dans les complexes et systèmes de l'aménagement économique des eaux*. IAHR, Moskow, 1983.
487. O.R.I.F. Crișana. *Studii hidrologice și hidrogeologice în Complexul hidroameliorativ Crișul Repede – Crișul Negru, 1960-1962*.
488. Obrejanu Gr. și colab. *Cercetări pedoameliorative în Bărăganul sudic și central și perspectiva extinderii irigațiilor*. Referat I.C.A.R., 1961.
489. Obrejanu, Gr. și col. *Metode de cercetare a solului*. București, Editura Academiei, 1984.
490. Obrejanu, Gr. și colaboratorii *Pedologie ameliorativă*. Editura Agro-Silvică, București, 1966.
491. Okulova Z.N. *Aspersoare cu impulsuri discontinue (tun de aspersiune)*. Mecanizarea Agriculturii, caiet selectiv, nr. 7, 1963.
492. Olenovici, V.A. *Despre calitatea căptușelilor din beton a canalelor în R.S.S. Ucraina (în limba rusă)*. În „Ghidrotehnica i meliorația”, S.S.S.R, nr. 1, 1970.
493. Ollita, A.F.L. *Os métodos de irrigação*. Sao Paulo, Brazilia, 1980.
494. Ongaro G. *Il calcolo delle reti idrauliche di bonifica*. Bologna, 1958.
495. Oprea, C.V. și colaboratorii *Transformarea sărăturilor în terenuri bune de cultură*. Editura Agro-Silvică, București, 1961.
496. Orlescu, C.M. *Studiul hidraulic al reguletoarelor de nivele și debite utilizând corpuri plutitoare cu aplicații în sistemele hidroameliorative*, Teză de doctorat (Universitatea Politehnică Timișoara, 1996).
497. Oroveanu, T. *Scurgerea fluidelor prin medii poroase neomogene*. Editura Academiei, București, 1963.
498. Papadakis J. *Potential evapotranspiration*. Buenos Aires, 1965
499. Papia Rodica *Contribuții la perfecționarea mijloacelor de măsurare a debitelor pe rețele de irigație cu conducte*, Teză de doctorat (Universitatea Tehnică Iași, 1997).
500. Passerini V. *Irrigazione ad erogazione variable Atti. Acad. Geografi, Vol. XVII, seria 7, 1953.*
501. Pavel D. *Amenajări hidroenergetice predominante de folosințe irigației*. În: Revista „Hidrotehnica”, nr. 6, 1952.
502. Pavel D. *Hidraulica teoretică și aplicată*. București, Editura Tehnică, 1952.
503. Pavel D. *Hidroenergetica generală*. București, Editura Tehnică, 1954.
504. Pavel D. *Stații de pompare și rețele de transport hidraulice*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1964.
505. Pavel, D. *Stații de pompare și rețele de transport hidraulice*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1964.
506. Pavel, D., Hâncu, S., Burchiu, V., Cucoaneș V., Giuscă, I. *Utilaje hidromecanice pentru sistemele de îmbunătățiri funciare*. București, Editura Ceres, 1974.
507. Penman, H.L. *Natural evaporation from open water bare soil and grass*. Roy. Soc. London, seria A 193, 1948.
508. Pernes P. *L'asperseur et ses problèmes*. În: „La houille blanche”, nr. 5, 1966.
509. Perrot, Firma. *Prospecte*, 1965.
510. Perrot, H. *Handbuch der Berechnungstechnik*, Stuttgarter Verlagskantor, 1966.
511. Petrescu, V., Damian, R.M. – *Hidraulica sistemelor de dispersie a apelor uzate în mare*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1992.
512. Petrov E.G. *Problema folosirii scurgerilor locale, provenite din topirea zăpezilor în agricultura regiunilor secetoase*. În: „Ghidrotehnica i Meliorația”, nr. 11, 1956.
513. Philip, J.R., Farrell, D.A., *General solution of the infiltration advance problem in irrigation hydraulics*. Journal of geophysical research. Vol. 69, Cambera, Australia, Febr., 1964.
514. Pietraru, J. *Halde pentru depozitarea șlamurilor, cenușilor, zgurilor, sterile și deșeuri menajere*. Editura Tehnică, București, 1992.
515. Pietraru, V. *Calculul infiltrațiilor*. București, Editura Tehnică, 1970.

516. Pitchford, E. J. S.P.P. *Systemes Limited*. Prospect. Oxford, 1972.
517. Pislărașu I. și colab. *Alimentări cu apă*. București, Editura Tehnică, 1964.
518. Pleșa I. *Contribuții la stabilirea regimului de irigare, a dozei de îngrășăminte și a densității optime la porumbul siloz*. Lucrare de disertație, Inst. Agr. București, 1963.
519. Pleșa, Gh. *Lucrări practice de meteorologie*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1968.
520. Pleșa, I., Burchiu, V. – *Exploatarea amenajărilor de îmbunătățiri funciare*. Editura Ceres, București, 1986.
521. Poirée, M., Ollier, Ch. *Assainissement agricole*. Paris, 1971.
522. Poirée, M., Ollier, Ch. *Irrigation*. Editura Eyrolles, Paris, 1962.
523. Poirée, M., Ollier, Ch. *Irrigation*. Paris, 1971.
524. Poirée, M., Ollier, Ch. *Irrigation*. Paris, Editura Eyrolles, 1966.
525. Poirée, M., Ollier, Ch. *Assainissement agricole*. Paris, Editura Eyrolles, 1969.
526. Polad-Zade, P.A., Grisenko, N.S., Ciatalbașev, P.P., *Opât stroitelstva krupnâh kanalov*. Izdatelstvo Kolos, Moskva, 1982.
527. Poliacov B.V. *Calculul hidrologice la proiectarea instalațiilor pe râuri cu bazine mici*. (trad. din l. rusă). București, Editura Tehnică, 1951.
528. Pommeret, H. *Întreținerea, funcționarea și exploatarea rețelelor de irigație sub presiune* (traducere). În „Documentare curentă” Seria B/9-44, București, 1971.
529. Popescu C.Gr. *Contribuții la studiul indicilor de exploatare ai instalațiilor de aspersiune I.A.C.* În: „Probleme agricole”, nr. 6, 1964.
530. Popescu C.Gr. *Contribuții la studiul indicilor de exploatare ai instalațiilor de irigație prin aspersiune I.A.C. și I.A.J.-60 S*. Lucrare de disertație, București, 1965.
531. Popescu P. și Mihordea P. *Măsurarea debitului în tehnică*. Ed. Tehnică, București, 1969.
532. Popescu, C., Lăzărescu, F., *Concepția generală de amenajare complexă a râului Dâmbovița în municipiul București*. Revista Hidrotehnică, nr. 1, 1988.
533. Popescu, C., Popescu, C.M. *Cerințele de apă pentru irigații, în contextul gospodăririi raționale a resurselor de apă*. În: *Lucrările Primului simpozion de Îmbunătățiri funciare*, vol. I, București, 1985.
534. Popescu, M., Trandafir, A. *Glosar ilustrat al alunecărilor de teren elaborat pe baza progreselor înregistrate recent în cadrul deceniului internațional pentru diminuarea efectelor dezastrelor naturale*. Revista Construcții Nr.1, București, 1999.
535. Popescu, St. *Aplicații informatice în hidraulica sistemelor hidrotehnice*. Ed. Cermi, Iași, 1999.
536. Popescu, Șt., Blidaru, V., Leib, H., Bartha, I., Loghin, D., *Procedeu și dispozitiv pentru recuperarea energiei hidraulice în ramificații*. Brevet 87803/85.
537. Popovici, N. *Stabilizarea versanților*. Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” Iași, 1994.
538. Popovici, N., Prioteasa, C., Biali, Gabriela – *Stabilizarea și valorificarea terenurilor alunecătoare*. Ed. Gh. Asachi, Iași, 2000.
539. Prepeliță D., Blidaru V., Dobre V. *Studiul asupra proceselor de aluvionare și decolmatare a unor construcții și instalații din amenajările de irigații, aplicate la sistemele alimentate cu apă din râul Prut*, Edit. Buletin ISPIF III, 1993.
540. Prepeliță, D., Blidaru, V., *Contribuții privind automatizarea complexă a sistemelor de irigații teritoriale de tip gravitațional*. În „Sesiunea jubiliară a Institutului Politehnic Iași”, 10-12 nov. 1988.
541. Prepeliță, D., Blidaru, V., Prepeliță Ioana, Cojocaru, I., *Baraj subteran transversal pentru crearea unei acumulări sub albia unui curs de apă, cu instalații de captare gravitațională pentru irigații*. Certificat inov. nr. 730/31.XII.1987, M.E.I., R.S.R.
542. Prepeliță, D., Blidaru, V., Prepeliță, Ioana. *Aspecte privind utilizarea și economisirea energiei într-un sistem de irigații gravitațional*. În lucrările simpozionului „Știința modernă și energia”, Cluj-Napoca, 20-21 mai 1986.
543. Prepeliță, D., Blidaru, V., *Procedeu de distribuție a apei în sisteme de irigații amenajate pe versanți*. Certificat de inovație nr. 817/28.04.1988, M.E.I., R.S.R.
544. Pricop Gh. *Cercetări privind tehnica irigației pe solurile grele lăcovișite și pe nisipuri*. Studii de hidroameliorații, Vol. II, București, 1965.
545. Pricop, Gh. și colaboratorii *Cercetări privind irigarea nisipurilor din stânga Jiului*. În: „Analele de Îmbunătățiri Funciare”, Vol. I (V), 1968.
546. Pricop, Gh. *Tehnici de irigații*. În: *Lucrările Primului simpozion de Îmbunătățiri funciare*, București, 1985.
547. Pricop, Gh., Botzan, M., Motoc, M. *Precursori de frunte în domeniul îmbunătățirilor funciare*. În: *Lucrări științifice Îmbunătățiri funciare*, seria E, XXVIII, București, 1985.
548. Pricop, Gh., Daham, Al-M., Berar, U. *Etudes sur l'irrigation par aspersion sur l'Euphrate, en R.A. Syrie*. În: Bulletin de L'Académie des sciences agricoles et forestières, no. 13, București, 1983.
549. Pricop, Gh., Grumeza, N., Dorobanțu, M. *Metode de irigare*. București, Editura Ceres, 1971.
550. Pricop, Gh., Mogoșanu, P., Scripcaru, C., Nisipeanu, T. *Cercetări asupra aspersoarelor ASJ-1 și ASM-2 din producția de serie*. În: *Analele ICIFP*, seria Îmbunătățiri funciare, vol. III (VII), București, 1970.
551. Pricop, Gh., Pricop, M. *Irigații și desecări pe glob și la noi, tendințe*. În: *Lucrările Primului simpozion de Îmbunătățiri funciare*, București, 1985.
552. Pricop, Gh., Pricop, M. *Irigațiile astăzi și în mileniul III*. În: Hidrotehnică.

553. Pricop, Gh., Wehry, A. *Dimensionarea hidraulică a instalației de aspersiune cu pivot central*. În: Hidrotehnica nr. 8/1983.
554. Prioteasa, C., Popovici, N., Biali Gabriela *Etude concernant la degradation des terrains en pente situé le district de Vaslui, produite par les glissement de terrain*. În Buletinul Institutului Politehnic Iași, t XL VII, 2001.
555. Prișcu, R. *Construcții hidrotehnice*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1974.
556. Prișcu, R. și colaboratorii, *Ingineria seismică a construcțiilor hidrotehnice*. București, Editura Tehnică, 1980.
557. Prundel, Gh. *Proiect de diplomă*. Iași, Facultatea de Hidrotehnică, 1973.
558. Rada, M. *Proiect de diplomă*. Facultatea Hidrotehnică a Institutului Politehnic „Gh. Asachi” Iași, 1974.
559. Radwan Khalifa Abdul Halim. *Eficiența extragerii sării la trei filtrări*. Degree of Master of Science, Colorado State University, Port Collins, 1969.
560. Rădulescu M. *Trasarea lucrărilor de îmbunătățiri funciare*. București, Editura Agro-Silvică, 1963.
561. Răduleț, R. *Lexiconul tehnic român*. București, Editura Tehnică, 1963.
562. Răzvan E. *Prize de apă din râuri*. București, Editura Tehnică, 1964.
563. Reive R. *Relații între salinitate și cerințele irigației și drenajului*. R. 10, Congr. III al C.I.I.D., 1957.
564. Remi Gandu, *Structures arborescentes et maillées en hydraulique et hydrologie*. These en vue de l'obtention du Grade de Docteur d'Etat. Toulouse, 1978.
565. Renea S. *Metode de udare pe brazde lungi la culturi prășitoare*. În: „Probleme agricole”, nr. 4, 1962.
566. Renea S. și colab. *Tehnica irigației pe fâșii în condițiile terasei Brăilei*. Comunicări I.C.A.R., București, 1958.
567. Renea S. și Hâncu Gh. *Câteva măsuri împotriva pierderilor de apă prin infiltrație din canalele de irigație*. Studii de hidroameliorații, Vol. I, București.
568. Renea S. *Tehnica irigării pe brazde lungi în Lunca Dunării*. Studii de hidroameliorații, Vol. I, București.
569. Rieul L., Vaysse P. *Irrigation localisée: choix et utilisation des équipements de micro-irrigation*, Cemagref, 1992.
570. Riha, J., *Model of Global Resources of Fresh Water*. În: Vodni hospodarstvi, No. 6, Prague, 1979.
571. Roger de Morant. *Le Canal de Provence et l'aménagement de la région Provençale*. Marseille, 1969.
572. Rogers, W.S., Modlibowska, I. *Automatizarea protecției împotriva înghețurilor. Stațiunea experimentală Easi Mailing, Anglia*. În „Lucrările Congresului al XV-lea internațional de Horticultură”, Nice, 1958.
573. Rolley, R., *L'Aménagement hydraulique et agricole de la Durance, Le Canal de Provence*. În: Revue Travaux, No. 362/1965.
574. Romano E. *L'intensita istantanea della pioggia ed il suo valore agronomica*. În: „L'irrigazione”, nr. 3, 1959, Bologna.
575. Romano, E., Ravelli, F. *Conduttività elettrica e salinità nelle indagini idropedologiche*. În rev. „L'irrigazione”, nr. 4, Verona, 1986.
576. Ronald, E.S. Frost control. Annual Technical Conference Proceedings Of Sprinkler Irrigation Association, S.U.A., 1972.
577. Ronna A. *Les irrigations*. Vol. I și II, Paris, 1888-1889.
578. Roșca D. *Hidrologia agricolă*. București, Editura Agro-Silvică, 1959.
579. Roșca, M. *Contribuții la folosirea optimă a unor echipamente noi de udare prin aspersiune*. Teză de doctorat, București, 1982.
580. Roșu V. *Studii asupra irigațiilor în România*. Editura Academiei Române, București, 1907.
581. Rousset, M. *Trace de réseaux d'irrigation ramifiés*. În „Colloque d'irrigation et du drainage, Aix-en-Provence”. Le Tholonet, France, 1971.
582. Ruggiero C. *Utilizzazione delle acque per irrigazione*. Padova, 1932.
583. Rugină, S. *Proiect de diplomă*. Facultatea de Hidrotehnică a Institutului Politehnic „Gh. Asachi” Iași, 1973.
584. Rutten, P. *Arrosage automatique de vignes ou vergers par réseau fixe de tuyaux perforés*, 1972, Franța.
585. Rutten, P. *L'arrosage localisé par rampes perforées fixes*. În rev. „Bas-Rhône – Languedoc” nr. 62, Franța, 1972.
586. Rutten, P. *Un nouveau procédé d'irrigation: l'arrosage localisé par rampes perforées*. În „Revista Bas-Rhône – Languedoc”, nr. 62, France, 1972.
587. S.C.S. National Engineering Handbook, Section 15 Irrigation, Chapter 11 *Sprinkler Irrigation*, Washington D.C., 1968.
588. Sadic Toksöz, Don Kirkham. *Steady drainage of loyered soils*. În rev.: „Journal of the irrigation and drainage division”, vol. 87, nr. 1R1 March, 1971.
589. Salamin R. *Relații între irigații și evacuarea apei*. R. 7, Congr. al III-lea al C.I.I.D., 1957.
590. Sălêk I.S. *Proprietăți de curgere în conductele de masă plastică cu cuplaj rapid folosit în irigații*. Ustav vodeck technicksh informaci, Praha, 1969.
591. Salek, J. – *Zévlahnné a odvodnovace stavby*. Návodý ke cviceni. Vysoké uceni tehnické v Brné Fakulta Stavebni, 1981.
592. Sandu Gh. *Adâncimea critică a apelor freatice în legătură cu salinizarea solurilor în incinta îndiguită Călmățui-Gropeni*. Lucrare de disertație, București, 1961.
593. Sava I. și Wehry A. *Hidroameliorații*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1967.
594. Saxena, G.S., Taylor. *Model pentru studiul scurgerii în zona nesaturată* (traducere din limba engleză). În rev.: „Journal of the Indian society of soil science”, nr. 1, 1971.
595. Scelkacev V.N. și colab. *Hidraulica subterană*. București, Editura Tehnică, 1953.
596. Schewior G. *Hilfstafern zur Bearbeitung von Meliorations – entwuerfen*. Berlin, 1939.
597. Schneebei, G. *Hydraulique souterraine*. Paris, Editura Eyrolles, 1966.

598. Schoklitsch A. *Der Wasserbau*. Viena, 1930.
599. Schreiber, H. *Appareils électroniques á transistors*. Paris, 1970.
600. Schröder G. *Landwirtschaftlicher Wasserbau*. Berlin, 1958.
601. Schwartzkopff, S., *Possibilités d'amélioration et de modernisation des systèmes existants d'irrigation et de drainage*. Congresul 11 de Irigații și Drenaje, Grenoble, 1981.
602. Scripcariu, C. *Asupra economiei de apă și energie la udarea prin picurare în raport cu alte tipuri de amenajări și tehnici de udare*. În: *Lucrările Primului simpozion de Îmbunătățiri funciare*, vol. I, București, 1985.
603. Scripcariu, C. *Optimizarea traseului rețelelor de irigație cu conducte sub presiune și distribuție la cerere*. În „Revista Hidrotehnica Nr. 1/1973, București.
604. Scripcariu, C. *Réseau d'irrigation en pression avec distribution à la demande*. Projet de diplôme à l'I.A.M., Bari – Italia, 1970-1971.
605. Seginer, I. *The effect of albedo on the evapotranspiration rate*. U.S.A., Agricultural Meteorology, 1987.
606. Seginer, Ido. *The effect of albedo on the evapotranspiration rate*. New York, 1969.
607. Segloviatov, F.A., Alexandrov, A.M. *Electronnoe ustroistvo dlea naneseniia prodolnogo profila Kanala*. În „Molodâe ucionâe melioratori ghidrotehniki”, nr. 4, 1968.
608. Sfiredel, I. – *Contribuții la studierea și stabilizarea unor scheme optime de automatizare a sistemelor de irigații deschise din zona Complexului de lacuri Razelm-Sinoe*, Teză de doctorat (Institutul Politehnic Iași, 1997).
609. Shtepa, B., *La bonification des terres en U.R.S.S.* Ediția Moscova, 1975.
610. Silvestriev, I., Diankov, Z., Velkovski, G., *Break down situations în Polder Drainage Systems affected by the high River head*. IAHR, Moskow, 1983.
611. Simonneau P. *Les phénomènes temporaires de salinisation des sols irrigués en Algerie et en Sahara*. Annales Agronomiques, Vol. 12, nr. 6, 1961, Paris.
612. Siniscalchi, D., *Equipement pluvirrigatoire du type fixe polyvalent dans la zone d'assechement „Adda Alpino”*. Congresul 11 de Irigații și Drenaje, Grenoble, 1981.
613. Sisak, E., Meghelos, O., Iacob, V., *La réglage du bélier hydraulique a l'aide du schema hidrodynamique du regime non-stationaire*. Simpozion Hidraulica sistemelor și automatizări, București, 1984.
614. Sîrbu E. și Cazacu E. *Aspecte tehnico-economice privind folosirea jgheburilor din beton precomprimat în amenajările pentru irigații*. În: Revista „Hidrotehnica, gospodărirea apelor, meteorologia”, nr. 6-7, 1964.
615. Slepika F. *Cu privire la soluția analitică a funcției hidraulice a unui puț de captare, în orizont liber de apă subterană*. Conferința Internațională I.S.C.H., București, 1962.
616. Smith R. *Relația dintre calitatea apei și caracteristicile drenajului la câteva soluri din Irak*, R. 1, Congr. III al C.I.I.D., 1957.
617. Socor, E., Rogojanu, I. *Contribuții la stabilirea unor metode de cercetare și cartare agroclimatică a factorilor de vegetație în bazinele vitipomicole*. În rev. „Hidrotehnica”, nr. 2, 1969.
618. Sofronie, R., Sofronie, D. – *Modelarea seismică a digurilor pe saltele geocelulare*. Conferința Națională Târgu Mureș, 1998.
619. Solacolu, P., *Încadrarea amenajării complexe a râului Dâmbovița în schema cadru a bazinului hidrografic*. Revista Hidrotehnica, nr. 1, 1980.
620. Soldani, E., *Le Canal de Provence, un exemple de solidarité régionale*. Ed. Brugnot, Marseille.
621. Someren, C., L. – *Field drainage experiments*, I.L.R.I. Wageningen, 1972.
622. Soustal, O., Vychodyl, J., *Comment améliorer et moderniser les systèmes actuels d'irrigation par aspersions*. Congresul 11 de Irigații și Drenaje, Grenoble, 1981.
623. Spiridon, D., *Date noi cu privire la hidroenergetica R.P. Chineze*. În: Revista Hidrotehnica, nr. 11/1982.
624. Stanciu, I. și col. *Drenarea terenurilor agricole. Metode, materiale, tehnologii de execuție*. În rev.: „Studii de sinteză”, nr. 1, 1973.
625. Stanciu, I. și colab. – *Drenarea terenurilor agricole cu exces de umiditate temporar, cu caracter stagnant, cauzat de precipitații, în condiții de relief cu pante mici și a solurilor argiloase slab permeabile*. În: *Analele ICITID*, Vol. I (XII), 1978.
626. Stanciu, N. *Insolația și rezerva de apă a solului*. București, Editura Ceres, 1973.
627. Stanhill, G. *A comparison of methods of calculating potențial evapotranspiration from climatic data*. Israel, 1961.
628. State Daniel *Contribuții la realizarea unui plot economic pentru irigații, caracteristic zonelor de câmpie*, Teză de doctorat (Universitatea Tehnică Iași, 1997).
629. State Irina, Simionescu I., Berbeci V. și Neacșu V. – *Retehnologizare în irigații prin creșterea randamentelor și echipamentelor și prin adaptarea plotului la condițiile agriculturii private în sistemul Ialomița-Călmățui*, Edit. Buletin ISPIF III, 1993.
630. State, D., Dumitrescu P., Popovici G., Ursăcescu G. – *Soluții privind dezvoltarea rurală a comunei Malu cu Flori în corelare cu lucrările de Îmbunătățiri Funciare specifice zonei de dealuri subcarpatice*, Edit. Buletin ISPIF III, 1993.
631. Stefanelli G. *Funzionalità e distribuzione della pioggia negli apparecchi irrigatori e norme di prove*. Verona, 1954.
632. Stein C. *Die Landwirtschaftliche Verwertung städtischer Abwässer*. Berlin, 1937.
633. Stout, B.A., *Energy for World Agriculture*. FAO, Rome, 1979.

634. Supino G. *Le reti idrauliche*. Bologna, 1965.
635. Șarov I.A. *Ekspluatația ghidroameliorativnăh sistem*. Moskva, 1952.
636. Șarov I.A. *Oroșenie na mestnom stoke*. Moskva, 1948.
637. Șaumian V.A. *Folosirea planificată a apei la irigație* (trad. din l. rusă). I.D.T. București, 1952.
638. Șaumian V.A. *Naucinăe osnovă orosenia i orositelnăh soorujenii*. Moskva, 1948.
639. Șevelev A.E. *Cercetările legilor principale ale scurgerii turbulente prin conducte*. Moscova, 1953.
640. Tal, A. Automated irrigation projects in Israel. PR-83170, 1970.
641. Tanda G. *Considerazioni sugli irrigatorie aspetti pratici sulle prestazioni degli irrigatori*. În: „L'irrigazione a pioggia”, nr. 2, 1957, Bologna.
642. Tatovici N.A. *Mecanica pământurilor*. București, Editura de Stat pentru Arhitectură și Construcții, 1955.
643. Tatur, S., *La Steppe de la Faim, pays de l'abondance*. Editions de l'agence de presse Novosti, Moscou, 1974.
644. Thomas E. și Wasner K. *Sistemi dallo manipolazione dei condatti mobili*. În: „L'irrigazione a pioggia”, nr. 3, 1957, Bologna.
645. Thorne D.W. și Peterson H.B. *Irrigated soils. Their Fertility and Management*. New York, 1954.
646. Thornthwaite, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geog. Rev.* 38, 1948.
647. Titorian St., Felicia Ștefănescu și colab. *Extinderea amenajărilor pentru irigații în insula Borcea*, Edit. Buletin ISPIF III, 1993.
648. Toma Steliana – *Contribuții la perfecționarea tehnicilor și echipamentelor de valorificare prin irigații a apelor locale cu protecția echilibrului ecologic*. Teză de doctorat (Universitatea Tehnică Iași, 1995).
649. Tong Ji, Bei Qing *Cinquante annees de changement*. În: Beijing Information, 1999.
650. Topor, N. *Bruma și înghețul*. București, Editura Agrosilvică, 1958.
651. Tran Dinh Luong. *Studiul optimizării parametrilor amenajărilor hidrotehnice pentru folosințe complexe*. Teză doctorat, București, 1971.
652. Trifu St. *Tehnologia și exploatarea instalațiilor de irigație prin aspersiune*. I.D.T., 1963.
653. Trofin E. *Contribuții la calculul hidraulic al drenurilor de captare*. Teză de doctorat, București, 1964.
654. Trofin E. și Pietraru V. *Probleme de calcul hidraulic al drenajului frontal cu puțuri în condițiile Luncii Dunării*. În: Revista „Hidrotehnica, gospodărirea apelor, meteorologia”, nr. 3, 1965.
655. Trofin P. *Alimentări cu apă III*, București, 1966.
656. Trofin P. și Pâslărașu I. *Unele aspecte ale alimentărilor cu apă în R.S. România*. În: Revista „Hidrotehnica”, nr. 8, 1964.
657. Trofin, E. *Hidraulica specială*. Institutul de Construcții, București, 1970.
658. Trofin, P. *Alimentări cu apă*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1972.
659. Troskolanski A.T. *Théorie et pratique des mesures hydraulique*. Ed. Dunod, Paris, 1962.
660. Trummer A. *Bazele irigației* (trad. din l. maghiară), I.D.T., 1954.
661. Turc L. *Évaluation des besoins d'eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle*. Annales Agronomiques, Vol. 12. nr. 1, 1961, Paris.
662. Turk V.I. *Pompe și stații de pompare*. I.D.T. București, 1953.
663. Udacin S.A. și Panfilov A.T. *Îndrumătorul organizatorului de teritoriu*. Moskva, 1961 (trad. I.S.P.O.T.A.).
664. Ujvari, I., *Geografia apelor României*. București, Editura Științifică, 1972.
665. Ulrich, J. *Les Systèmes d'arrosage localisé*. În „Revista Génie Rural” nr. 6-7, Paris, 1974.
666. Uncianschi L., Renea S., Botzan M. *Contribution à la détermination des éléments techniques de la méthode d'arrosage par sillons*. Commission internationale des irrigations et du drainage. Cinquième Congrès, R. 17, Question 16, Tokyo, 1963.
667. Uncianschi, L., Horováth, S. *Cercetări cu privire la eficacitatea sistemelor de desecare în vederea îmbunătățirii soluțiilor și generalizării acestora*. SCA Lovrin, 1973.
668. Ursescu Gh.D., Macarevici L., Nemescu B. *Calculul hidraulic al podețelor*. Curs lito Iași, 1956.
669. Uzunov, B. *Dojdevanie selskohoziastvennih kultur glavnoe napravlenie v oroșenii Narodnoi Respubliki Bulgarii*. În „Sov. biuletin po vodnomu hoziastvu”, nr. 8, 1971.
670. Vabre A. – *Prise en compte des phénomènes de transport solide dans les méthodologies de conception, gestion et maintenance des canaux d'irrigation*, Cemagref, 1992.
671. Vasilescu Gr. *Debitul solid al Dunării*. I.R.E., nr. 115.
672. Vasilescu N. și Luca I. *Cultura orezului*. București, Editura Agro-Silvică, 1957.
673. Vasudev S.R. *Relațiile reciproce dintre irigații și drenaje*. R. 6, Congr. III al C.I.I.D., 1957.
674. Velez D. *Melioratii, dil I*. Sofia, 1955.
675. Verdier, J., Bagneres, J. *Différents types de stations de pompage automatiques*. În rev. „La Houille Blanche”, nr. 5, 1966.
676. Vidrașcu I.G. *Irigațiile în țara românească*. București.
677. Vignerion, J. *Raport prezentat de Franța la a V-a sesiune a Comisiei Europene pentru Agricultură*. FAO, București, 1972.
678. Villan, I. – *Sur le rôle des structures géologiques dans les glissements de terrain*. Bull. Liasion, Lab. P. et Ch. Sx., Paris, 1981.
679. Vlad Ionescu Sisești. *Culturi irigate*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1971.
680. Vladimirescu I. *Formule raționale pentru calculul hidraulic al brazdelor lungi de irigație*. Manuscris, 1965.

681. Vladimirescu, I. *Hidrologie*. București, Editura Didactică și Pedagogică, 1978.
682. Von Pogrell, H., Kidder, E.H. *Eficacitatea folosirii apei în irigația antigel* (traducere din limba engleză). Quarterly Bulletin of the Michigan Agricultural Experimental Station, vol. 42:615:621, 1960.
683. W. Blaisdel și Manson W., *Loss of Energy at Sharp-Edged Pipe Junctions in Water Conveying Systems*, Technical Bulletin nr. 1283, U.S. Department of Agriculture.
684. Weeks, O., Nordland, O.J., *Rehabilitation of irrigation and drainage systems within Coachella Valley, California, S.U.A.*, Congresul 11 de Irigații și Drenaje, Grenoble, 1981.
685. Wehry A., David I., Man E.T., Orlescu M., Szöllösy O. – *Automatizarea echipamentelor de irigații*, Conf. IOD Budapesta, 1992.
686. Wehry A., Man E.T., Orlescu M., Blaguescu C., Eleș G. *The efficiency of irrigation systems on the certain conditions of land propriety for Banat zone*. Edit. Buletin Științific Universitar Politehnica Timișoara, 1996.
687. Wehry, A. *Orientări europene asupra colectării selective a deșeurilor, reciclarea și depozitarea lor*. Conferința Națională Tg. Mureș, 1998.
688. Wehry, A. *Proiectarea amenajărilor de irigații pe brazde cu pante variabile*. În: Hidrotehnica nr. 2, 1985, București.
689. Wehry, A. *Proiectarea amenajărilor de irigații pe brazde de lungime variabilă într-un sezon*. În: Hidrotehnica nr. 1, 1984, București.
690. Wehry, A. *Proiectarea depozitelor de deșeuri*. Hidrotehnica 12, 1995.
691. Wehry, A. și colab. *Utilizarea reversibilă a sistemelor de desecare drenaj și irigații în jud. Timiș*. În: Lucrările Primului simpozion de Îmbunătățiri funciare, București, 1985, vol. I.
692. Wehry, A., David, I., Man, T.E., Orlescu, M. *Contribuții asupra lungimii aripii de udare pentru aspersiune sau brazde*. În: Hidrotehnica nr. 9/1985, București.
693. Wehry, A., Man, T.E. *Experimentări asupra instalației de irigație autopropulsată Typhon*. În: Hidrotehnica nr. 11, 1983, București.
694. Wehry, A., Man, T.E. *Studii și cercetări privind filtrele drenajelor agricole*. În: Hidrotehnica nr. 7, București, 1979.
695. Wehry, A., Man, T.E., Rogobete, Gh., Ciora, M. *Drenajul terenurilor grele utilizând materiale filtrante locale*. În: Hidrotehnica nr. 6, București, 1982.
696. Wehry, A., Orlescu, M. *Reciclarea și depozitarea ecologică a deșeurilor*. Ed. Orizonturi Universitare, Timișoara, 2000.
697. Wehry, A., Prodog, M. *Reciclarea apelor uzate*, Ed. Universității din Oradea, 2004.
698. Weigong, Cao., *China's potential for hydro development*. În: Rev. Water Power and Dam Construction, vol. 33, 1981.
699. Wesseling, J. *Teories of field drainage and watershed runoff*. I.L.R.I., Wageningen, 1972.
700. Wheaton, R.Z., Kidder, E.H. *Efectul evaporării asupra irigației antigel*. Michigan Quarterly Bulletin, vol. 46, no. 3.
701. Wolfram, Achtnich – *Bewässerungslandbau*, Stuttgart, 1980.
702. Woodward O.G. *L'efficienza d'irrigazione*. În: „L'irrigazione a pioggia”, nr. 4, 1957, Bologna.
703. Yalin, M.S., *Theory of hydraulic models*. Macmillan Press Ltd. London 1971.
704. Yaron, B., Danfors, E., Vaadia, Y. *Irrigation in arid zones*. Beit Dagan – Israel, 1969.
705. Yotov, A.G., *Analyse d'un système de comande par deux niveaux associés*. Simpozion Hidraulica sistemelor și automatizări, București, 1984.
706. Zahanna G.V. și colab. *Drenarea terenurilor irigate*. În: Revista „Hidrotehnica și Ameliorații”, nr. 5, 1956, trad. I.D.T.
707. Zamarin E.A. *Ghidrotehniceskie soorujenja*. Moskva, 1952. Zamfir I. și Cazacu E. *Exploatarea sistemelor de irigații-desecări*. București, Editura Agro-Silvică, 1963.
708. Zamfirescu N. și colab. *Fitotehnia*. București, Editura Agro-Silvică, 1956.
709. Zbegan V. *Economia apei potabile*. Conf. M.G.C.I.L. București, 1956.
710. Zbegan V. și colab. *Determinarea lungimii utile a decantoarelor*. Bul. St. I.P. Timișoara, Tom. VI, 1, 1961.
711. Zbegan V. și colab. *Studiul procesului de limpezire a apei în decantoarele suspendionale cilindrice*. În: Revista „Hidrotehnica”, nr. 2, 1966.
712. Zbegan V. și colab. *Tratarea apei de suprafață pentru obținerea apei potabile în laborator*, Bul. I.P. Timișoara, 9, 1966/2.
713. Zimmerman J.D. *Irigation*, New York, 1965.
714. Zonn, I.S., Nosevako, P.P. *Modern level of and prospects for improvement of Land Reclamation in the world*. În: IOD Bulletin vol. 31, nr. 2, New-Delhi, India, 1982.
715. * * * *Automatizarea în irigații*. „Rev. de documentare curentă, știința solului și irigații” nr. 6, 1972.
716. * * * *Automatizarea în irigații*. P.R. 82589 E (traducere din limba engleză).
717. * * * *Base de données internationale sur la recherche en irrigation et en drainage*, Cemagref, 1996, Nancy.
718. * * * *Brevet d'invention Procédés et dispositifs d'arrosage de cultures plantées en rangs*, 1970, France.
719. * * * *Brevet Serv. nr. 567.444/1966*, Idaho, SUA.
720. * * * *Buletin de cercetare, dezvoltare, proiectare în îmbunătățiri Funciare* – ISPIF S.A. București, vol. I, 1992, vol. II, 1993, vol. III, 1994.
721. * * * *Buletinul construcțiilor*. Vol. 1-2, editat de Institutul de cercetări și construcții și economia construcțiilor, București, 1986.
722. * * * *Catalog de elemente pentru automatizare după licența Hokushin*, produse asimilate la I.E.A., București, 1965.

723. * * * Cerere de brevet de invenție, nr. 70. 04.535, Franța, 1972.
724. * * * Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas – Rhône et du Languedoc. În prospect, Franța, 1971.
725. * * * Comunicările Congresului al 8-lea Internațional de irigații și drenaje. Varna, 1972.
726. * * * Comunicările privitoare la automatizarea hidraulică a sistemelor de irigații. În „Lucrările sesiunii științifice din 23-24 mai 1975 A.S.A.S.”, ISCIF, 1975.
727. * * * Documentația firmei T.W.I.G. pentru S.I. Sadova.
728. * * * *Drainage Principles and Application*. I.L.R.I., Wageningen, 1972.
729. * * * Eighth congress on irrigation and drainage. Question 28.2, Varna, 1972.
730. * * * GERSAR-BRL *General presentation and references about environment studies*, Nîmes, 1993.
731. * * * Head Loss în Quick-Coupled Aluminium Pipe. În „Agricultural Handbook nr. 147,” Washington D.C. Issued April 1959.
732. * * * *Hotărâre de Guvern Nr. 155/1999, Introducerea evidenței gestiunii deșeurilor și a catalogului european al deșeurilor*. Monitorul Oficial al României Nr.118/23.04.1999
733. * * * Irigații în perimetrul Ialomița – Călmățui (memoriu sinteză). I.S.P.I.F., București, 1974.
734. * * * Irrigation en Republique Populaire Democratique de Coree. Editure Agricole, Pyongyang, 1984.
735. * * * *Land Reclamation Systems* – Macedonia
736. * * * Le Canal de Provence. În „Chantiers en France”, Marseille, 1970.
737. * * * Legea îmbunătățirilor Funciare nr. 84 din 12 iulie 1996.
738. * * * L'Equipe Technique du Consorzio per la Bonifica Dell'agro Romano, Rome (Italia). *Projet d'un réseau moderne d'irrigation*. În „Colloque d'irrigations et du drainage”, Aix-en-Provence (France), 1971.
739. * * * M.O.P. Prospect S.I. Montijo-Alcazaba. Madrid, 1971.
740. * * * Manualul inginerului hidrotehnician. București, Editura Tehnică, 1969, vol. I. II.
741. * * * Metode noi de izolare termică a conductelor. Institutul de documentare tehnică, București, 1969.
742. * * * Metodologia de corelare a amenajărilor de irigații și desecări cu măsurile de organizare a teritoriului, vol. I, vol. II, I.G.F.C.O.T., 1987.
743. * * * Nir-Meter, Prospect nr. 1187/1971, Israel.
744. * * * *NTPA 002, Normativ privind condițiile de evacuare în rețele de canalizare a localităților*, Monitorul Oficial al României Nr. 303 bis/ 06.09.1997
745. * * * *Principaux résultats scientifiques et techniques. Rapport scientifique (Bureau de recherches géologiques, Editions BRGM, 1991, Franța.*
746. * * * Procédés et dispositifs d'arrosage de cultures plantées en rangs. Cerere de brevet de invenție, nr. 70.08.257/1970, Marsilia, Franța.
747. * * * Prospect Neyrpic. Constructions mécaniques et hydrauliques. Grenoble, 1975.
748. * * * Prospect Neyrpic. Equipement des canaux d'irrigation. Grenoble – France, 1957.
749. * * * Prospect Neyrpic. Matériel d'équipement pour canaux a surface libre. Grenoble, 1970.
750. * * * Prospect. Canales circulares. Mecanal Madrid, 1972.
751. * * * Prospect. Compagnie națională d'aménagement de la région du Bas-Rhone et du Languedoc, Franța, 1971.
752. * * * Prospective Neyrpic – Grenoble, 1972 („Hermedisc”, „Vanne Stop”, „Purgeur Sonique”, „Soupape de decharge”).
753. * * * Prospective. Canal Provence. Franța, 1971.
754. * * * Rapoartele Congresului al 8-lea Internațional de irigații și drenaje. I.C.I.D., Varna, 1972.
755. * * * *Reclamation of salt affected soils in Iraq. I.I.R.I. Wageningen*, 1963.
756. * * * Revista „Documentare curentă”. București, no. 12.1971.
757. * * * Revista „Génie Rural”. Paris, 1969.
758. * * * Revista „Hidrotehnica”. București, nr. 8, 1970.
759. * * * Revista „L'eau pure”, nr. 22, Franța, 1972.
760. * * * Revista „L'irrigazione” nr. 4, 1970.
761. * * * Revista „Tehnum”. București, nr. 2, 1973.
762. * * * Revista de referate Știința Solului, îmbunătățiri funciare, vol. 11, 1968.
763. * * * Société du Canal de Provence et d'aménagement de la region Provençale. Le Tholonet, 1970.
764. * * * Soil and Water conservat ion Enginering. pag. 80-86, 1970, U.S.A.
765. * * * *Strategia de Protecția Mediului în România*, 1999
766. * * * *Studii făcute de Ferma Institutului central de cercetări a salinității solului din Karnal – India.*
767. * * * Surse de alimentare modul electric. Prospectul MS, 6003, Anglia.
768. * * * Tensiometrul Neghev, Israel, 1970.
769. * * * Teze de doctorat: Bartha, I. (1987); Chirilă, A.L. (1980), Leibu, H. (1985); Luca, M. (1989); Prepeliță, D. (1988); Stef, I. (1979).
770. * * * Transmițător cu flotor (traducere din limba engleză), 1971.
771. * * * *Lexiconul tehnic român*, vol. 9. București, Editura Tehnică, 1961.
772. * * * Prospect. Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas – Rhône et du Languedoc. France, 1971.

- http://www.cefi.org/CEFINET/DONN_REF/HISTOIRE/Ens_agricole.htm
- <http://www.cemagref.fr/webgr/>
- <http://www.ensa.dz/category/actualites/>
- <http://www.ensa.dz/departements/economie-rurale/>
- <http://www.eco.ca/career-profiles/ing>
- http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89cole_nationale_du_g%C3%A9nie_rural,_des_eaux_et_des_for%C3%A7es_hydrauliques
- http://fresno.cemagref.fr/webgr/Download/Rapports_et_theses/Modeles_GR_Resume.pdf
- www.usamvcluj.ro/files/specificatii_curs/iea/anul%20II/0204020216%20Geniu%20rural.pdf
- <http://www.gds.ro/Cultura/2010-08-07/Cristea+Mateescu,+caracalean+constructor++de+baraje+si+hidrocentrale>
- [http://www.revistapadurilor.ro/\(1\)Colectia-pe-ani/\(63\)anul-2010/\(64\)nr-1-2010/\(80\)Revista-revistelor](http://www.revistapadurilor.ro/(1)Colectia-pe-ani/(63)anul-2010/(64)nr-1-2010/(80)Revista-revistelor)

ANEXE

SCURT ISTORIC AL ÎNVĂȚĂMÂNTULUI TEHNIC SUPERIOR ÎN MOLDOVA

Necesitatea organizării unor aşezăminte de învăţământ, care să satisfacă cerinţele de progres economic şi social ale ţării, a apărut începând de la sfârşitul sec. al XIV-lea.

Încă de atunci s-a remarcat înfiinţarea câtorva şcoli importante, prin nivelul cunoştinţelor, prin domeniile studiate şi prin interesul pe care l-au prezentat pentru societăţile vremurilor respective, cum au fost: *Schola palatina* organizată la Suceava în timpul Domnitorului Alexandru cel Bun (1400-1431), *Şcoala Superioară de studii teologice* din timpul domniei marelui Voievod Ştefan cel Mare (1457-1504), *Schola latina* înfiinţată la Cotnari de Iacob Heraclid Despotul (1562-1563). Ultima dintre ele cuprindea în planul de învăţământ discipline umaniste (limba latină, logică, retorică etc.), dar şi discipline ştiinţifice (astronomie, biologie, geografie, iniţiere în fizică) şi avea în obiectiv răspândirea ideilor înaintate ale Renaşterii.

Domnitorul Vasile Lupu s-a preocupat de ameliorarea stării învăţământului înfiinţând, în anul 1640, Colegiul Vasilian de la Mănăstirea Trei Ierarhi din Iaşi, unde se studiau discipline exacte ca matematica, fizica, astronomia.

O nouă etapă de progres al învăţământului se remarcă în secolul al XVIII-lea, ca reacţie la schimbările de viziune care s-au produs în ţările din Vestul Europei, cu privire la studiul ştiinţelor. Aceste schimbări au condus la remarcabile progrese tehnice, care au susţinut revoluţia industrială din a doua jumătate a acestui secol. Astfel, în anul 1714 Domnitorul N. Mavrocordat a înfiinţat Academia Domnească din Iaşi, care a fost susţinută pe durata fiinţării ei (până în anul 1821) de domnitorii Grigore Ghica, Ion Teodor Calimachi, Grigore Calimachi şi Grigore Alexandru Ghica.

Un raport înaintat Domnitorului Alexandru Moruzi de către mitropolitul Iacov Stamati împreună cu trei boieri, în ultimul deceniu al secolului al XVIII-lea, solicita ridicarea acestei instituţii de învăţământ la o „adevărată academie de ştiinţă”. De asemenea, se recomanda să se acorde un loc aparte geometriei, considerată ca disciplină folositoare agriculturii.

Pentru istoria învăţământului ingineresc, un moment important este cel din martie 1813 când Domnitorul Scarlat Calimachi aprobă înzestrarea şi modernizarea Academiei Domneşti, una dintre măsuri fiind introducerea cursului de „ştiinţă inginerescă”,

care a fost încredinţat şi predat în limba română de eruditul Gheorghe Asachi. Programul de învăţământ din perioada 1814-1818 prevedea disciplinele: matematici, geometrie, trigonometrie, geologie şi topografie. Chiar dacă a existat o singură promoţie de absolvenţi ai acestei clase, ea a reprezentat prima promoţie autohtonă de *ingineri hotarnici*, iar această iniţiativă este considerată prima şcoală de inginerie în limba română din istoria învăţământului tehnic din ţara noastră.

În aceeaşi perioadă, în Țara Românească, se remarcă iniţiativa lui Gheorghe Lazăr de înfiinţare la Mănăstirea Sf. Sava a primei şcoli, cu o grupă care pregătea ingineri hotarnici. Eforturile sunt susţinute în continuare de Petrache Poenaru, fost elev al lui Gheorghe Lazăr, care în 1833 a organizat două clase de cunoştinţe aplicate.

Un aşezământ de referinţă în istoria învăţământului superior tehnic din Moldova a fost Academia Mihăileană, inaugurată la 16 iunie 1833 sub patronajul Domnitorului Mihail Sturza, care avea trei facultăţi (Filozofie, Drept şi Teologie) şi o şcoală de inginerie civilă. În noul proiect de organizare al Academiei din anul 1843, în cadrul Facultăţii de Filozofie, sunt separate ştiinţele tehnice şi grupate în două secţii: de inginerie civilă şi de agronomie. Planul de învăţământ la secţia inginerie civilă, cu durata iniţială a studiilor de 2 ani, a fost modificat la propunerea lui Gh. Asachi în anul 1844 la 3 ani şi prevedea ca discipline de studiu: Algebra, Geometria teoretică şi practică, Mecanica, Hidraulica, Desenul arhitectonic etc.

În anul 1849, Gh. Asachi a înfiinţat la Iaşi „Şcoala de aplicaţie pentru ingineri şi conductori”, iar în Bucureşti, sub patronajul Domnitorului Barbu Ştirbei, se propunea organizarea unei şcoli de ingineri cu secţii de topografie, poduri şi şosele, arhitectură, care a fiinţat între anii 1852-1858.

O nouă etapă de dezvoltare a învăţământului este cea care a urmat Unirii Principatelor (1859) şi care se înscrie în reformele progresiste din timpul domniei lui Alexandru Ioan Cuza. Aceste reforme au creat cadrul organizatoric pentru înfiinţarea în 1860 a Universităţii din Iaşi, iar în anul 1864 a Universităţii din Bucureşti. În cadrul Universităţii din Iaşi, a luat fiinţă Facultatea de Ştiinţe, unde se predau disciplinele de: Matematică, Mecanică, Geodezie precum şi Arhitectură şi Desenul

Perspectiv.

Odată cu dezvoltarea economică a țării, a crescut nevoia de specialiști în exploatarea și punerea în valoare a resurselor țării, în instalații industriale, în lucrări de infrastructură. În acest context, se remarcă mai mulți pași care au condus la înființarea Institutului Politehnic Iași, în succesiune cronologică aceștia fiind: a) înființarea, în cadrul Facultății de Științe, a Școlii de electricitate; b) acordarea dreptului universităților să organizeze învățământ superior aplicat, în baza legii privind modificarea unor articole din legea asupra învățământului superior și secundar; c) în baza acestei legi, prin aprobarea de la 7 noiembrie 1912 a Regulamentului Facultății de Științe din Iași, s-au înființat legal Secțiile de Chimie aplicată și de Electrotehnică. Acest eveniment reprezintă adevăratul act de înființare a Institutului Politehnic Iași, în prezent Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași.

La București, în 1867 s-a înființat Școala de poduri, șosele și mine, cu durata studiilor de 4 ani, condusă și finanțată de Departamentul lucrărilor publice.

Continuând evoluția, după Primul Război Mondial și reîntregirea țării, în anul 1921 a avut loc înființarea Școlii Politehnice din București (cu facultățile de Construcții, Mine, Silvicultură și o specialitate de Cadastru) și a Școlii Politehnice din Timișoara.

În anii următori pregătirea viitorilor ingineri s-a făcut atât în cele două Politehnici din țară, cât și în secțiile facultăților de științe de la Universitate. La Facultatea de științe de la Universitatea din Iași s-au înființat secțiile de Electrotehnică, Chimie industrială și de Științe agricole.

Un moment de mare importanță este votarea în Parlamentul țării, în martie 1937, a legii care dă dreptul de acordare a titlului de inginer numai școlilor politehnice și în consecință se hotără desființarea învățământului tehnic din Universități.

În aceste circumstanțe, Consiliul profesoral al Secțiilor de științe aplicate, în acord cu conducerea Universității din Iași, au declarat constituirea Politehnicii din Iași. Decizia de constituire a Școlii Politehnice

„Gheorghe Asachi” din Iași a fost semnată de Ministerul Educației Naționale la 3 dec. 1937 și publicată în Monitorul Oficial din 4 martie 1938. În urma acestei acțiuni, în toamna anului 1938 a început activitatea Școlii Politehnice din Iași cu secțiile de Chimie industrială și Electrotehnică, devenite facultăți prin efectul legii menționate anterior. Tot prin aceeași lege, Facultatea de Agronomie, care din anul 1933 fusese transformată din Secție în Facultatea de Științe agricole de pe lângă Universitatea din Iași și mutată la Chișinău, a fost transferată la Politehnica „Gheorghe Asachi” din Iași. În anul 1940, în urma evacuării Basarabiei, această Facultate se desființează, însă a fost reînființată ulterior, în 1941, în Iași.

În anul 1941, la Politehnica din Iași a luat ființă Facultatea de Construcții, cu specializarea generală de inginer constructor având, între disciplinele de specialitate, și pe cele de topografie, geodezie și cadastru, navigație și îmbunătățiri funciare. Cu această organizare, Facultatea a funcționat până la reforma învățământului din anul 1948.

Istoria Facultății de Hidrotehnică, Geodezie și Ingineria mediului din Iași are legături și rădăcini care se regăsesc nu numai la Facultatea de Construcții și la cea de Științe agricole din Iași, ci și în Specializarea de Geniu rural care a luat ființă în anul 1934 la Academia de înalte Studii Agronomice din București. Disciplinele de specialitate de aici erau atât cu caracter agromonic, cât și specifice geniului rural, respectiv: matematici speciale, hidraulică generală, hidraulică agricolă, topografie specială și geodezie, îmbunătățiri funciare și construcții agricole. Numărul absolvenților acestei secții era de 10-15 pe an.

În anul 1938, Academia de înalte Studii Agronomice a fost integrată în Școala Politehnică din București sub denumirea de Facultatea de Agronomie, iar în anul 1943, odată cu reorganizarea acestei facultăți, s-a reînființat Secția de Geniu Rural. Dintre absolvenții acestei secții, s-au remarcat viitori profesori ai Facultății noastre: Valeriu Blidaru, Ecaterina Blidaru, Vasile Băloiu.

GHEORGHE ASACHI

(1788-1869)

FONDATOR AL ÎNVĂȚĂMÂNTULUI TEHNIC ÎN MOLDOVA

ASACHI, Gheorghe – cărturar, pedagog, ctitor de școală, filozof, literat, publicist promotor al teatrului românesc, pictor, arhitect, diplomat.*

N. 1 mar. 1788, în târgul Herța (jud. Dorohoi) – m. 1869, Iași. Tatăl, Leon Asachi, preot, după moartea soției se călugărește. Era învățat, știa să prețuiască învățătura și se mută cu copiii la Lemberg. A. Începe școala la 9 ani, relativ târziu, dar se dovedește o minte înzestrată și la 16 ani (1804) termină Universitatea cu doctoratul în filosofie, obținând și diplomă de inginer și arhitect (1805). Încă de la Lemberg, A. a întocmit planuri de arhitect și după unul din ele chiar s-a ridicat o casă. Se întoarce în Iași unde se ridică mai multe case după planurile sale (1805) printre care cea a principesei Elena Sturdza Păstrăvanu. Pleacă la Viena unde urmează cursul de matematică al astronomului Burg (care a fost premiat de Napoleon I pentru invenția tablelor lunare folosite de navigație). Aici, urmează cursuri de artă și cultivă pictura, în domeniul căreia dovedește un real talent. Ajunge la Roma (1809) deși tatăl său îl invitase în țară pentru a i se încredința un post de inginer în armata rusă (Principatele s-au aflat sub ocupația rusă între 1806-1812). Urmează cursuri de arheologie, literaturi clasice și limba italiană în care a făcut mai multe compuneri, după care societatea literară din Roma îl alege membru extraordinar. După sfatul ambadorului Franței la Roma, A. se întoarce la Iași (1812). Devine profesor de inginerie (1813). Era singurul profesor de „românește”, la școala grecească, în timpul domniei lui Scarlat Callimach. Ca profesor de matematică în limba română compune un curs de matematică (aritmetică, geometrie, algebră, geodesie) pe care l-a tipărit în trei părți. A. activează fecund în domeniul școlii (1814- 1821). În 1817, A. pune bazele primului teatru de diletanți. O perioadă (începând cu 1821) A. se află la Viena în misiune diplomatică, pe lângă Mettemich. Îl găsim la Iași (1827) ca luptător activ pentru școala românească. Are mari contribuții în domeniul culturii în perioada revoluției de la 1848, a Unirii Principatelor și în timpul domniei lui Cuza. Opera lui A. reflectă activitatea unui cărturar și intelectual cu o profundă gândire și concepție înaintată despre societate. Și la A., activitatea teoretică se îmbină organic cu cea practică. Distingem însă câteva direcții fundamentale, printre care locul întâi îl ocupă cea de profesor, pedagog și ctitor de școală. După ce la 1813 își începe lungă activitate de profesor și educator, el pune bazele unei școli. Odată cu celebrul său curs de matematică (și aici, ca și în munca sa de arhitect) el își va dovedi, nu numai teoretic, dar și practic, valența sa de om de știință. Va înființa propria lui școală, care, în cinci ani (1814-1819) este frecventată de 33 de elevi. Introduce examenul public, pe criteriul valorii

(1818). Prin școala sa, A. deschide românilor porțile spre cultură europeană, iar predarea se face în limba română. Împreună cu Veniamin Costache și boierul luminat Mihail Sturdza (viitorul domn al Moldovei), A. se pregătește să aducă profesori din Transilvania (1820) la seminarul de la Socola (care funcționa din 1804).

Planul de reorganizare a Institutului Socola i s-a încredințat lui A., care devine „referendarul” instituției școlare. În acest scop, A. călătorește șase luni în Transilvania pentru a cunoaște activitatea școlilor române ortodoxe și a aduce pe cei mai pricepuți dascăli la Socola: Ion Costea, pentru retorică și poetică; Ioan Mănu, pentru latină; Vasile Bob Fabian, pentru teologie și Vasile Popp, doctor, care pe lângă predarea mai multor obiecte este și director. Pentru un timp (începând cu 1821) încetează activitatea la Socola. În 1827 repune în funcțiune, în locul seminarului, o școală normală, în fostul local al Mănăstirii Trei Ierarhi, sub numele de *Școala vasiliană* (de la numele lui Vasile Lupu). A. este referendarul general al școlii, deoarece se întemeiază mai multe școli și se organizează mai bine cele districtuale cu limba de predare română. Până atunci limba de predare era cea grecească. A. spunea: „...limba elinească rămâne a se învăța îndată ce se va mai ușura casa școalei de sarcina cheltuielilor, fiind mai trebuitoare cultura vorbirii neamului”. Ca referendar al școalelor, A. era sufletul *Școalei vasilien* și al „întregii suflări școlare” (adică Ministeru al Instrucțiunii). A. este trimis la București de administrația rusească din Moldova (având în vedere excepționala sa pregătire teoretică) ca secretar al Comisiei pentru redactarea „Regulamentelor Organice” (toamna 1829 – primăvara 1830). Ca și în cazul misiunii diplomatice pe care o avusese la Viena, A. dă dovadă de mult simț politic de orientare și toate actele sale sunt în favoarea națiunii. La întoarcere, A. înființează la *Școala vasiliană* un curs de jurisprudență, având ca profesor pe Hristea Flechtermacher. Școala se închide însă (1831) din cauza holerei. Mihail Sturdza, devenind domnitorul Moldovei, înființează *Academia Mihăileană* (1835) și A. îndeplinește și acum funcția de referendar. A. este și fondatorul Bibliotecii de la Universitatea din Iași, deschisă în localul Academiei Mihăilene în 1841. O altă mare direcție de afirmare a spiritului național este la A. literatura și publicistica. Încă din perioada șederii în Italia (1812) A. scrie poezii de mare finețe artistică și de un lirism profund ca: *Odă la Italia*, *Odă la Tibru*, sonete în care transpare pe alocuri influența lui Petrarca fără însă a neglija spiritul românesc. A. scoate cel dintâi ziar în Moldova, *Albina românească* (1 iunie 1829) în coloanele căruia apare, ca un militant de frunte al celor mai înaintate idei ale epocii, privind emanciparea națiunii române. Ca promotor al teatrului din Moldova, A. aduce pe scena din salonul lui Costache Ghica, din Iași, atât piese traduse de el din limba franceză cât și piese originale în limba neamului, teatrul fiind o tribună înaltă a ideii de emancipare națională.

* **Enciclopedia marilor personalități din istoria, știința și cultura românească de-a lungul timpului și de pretutindeni.** Editura Geneze, Fundația Realitatea Românească C.Ț., 2009, coordonator: Ion Văduva-Poenaru

Opera lui A., atât de bogată în conținut, poartă în ea însăși semnul unei mari valori naționale. Lucrări de referință: *Către neamul Moldovei. Pentru întoarcerea privilegiilor sale și prăznuire a zilei 8 oct. Intru care s-au suit pre scaunul domniei Prea înălțatul bine credinciosul și Patriatul domn Ioan Sandul Sturza voiev. Odă a lui Gh. Asachi*, Iași, 1822; *Descrierea cadrului al doilea din Istoria Moldovii înfățișu pe Ștefan cel Mare cuvântând al său testament politicesc. Description du second tableau de l'histoire moldave...* Jassy, 1834; *Fabule alese, pe românie aduse*, Eșii, 1836; *Începuturile limbei latine. Pentru tinerimea șhoalilor din Principatul Moldovei. Principia linguae latinae. In usum invenntis scholarum Principatus Moldaviae*, Eșii, 1836; *Poesii*, Iașii, 1836; *Elemente de matematică*, partea I-III, Iași, 1836-1838, 3 vol.; *Privigherea ostașului moldovan la prilejul sărbării date preainălțatului domn Mihail G. Sturza, V, V de corposul ofițerilor. Meditație*, Iași, 1837; *Relație istorică asupra șhoalelor naționale în Moldova de la a lor răstatornicire 1828- 1838; Descrierea istorică a tabloului ce înfățișează pe Alexandru cel Bun, domnul Moldovei, când au primit coroana și hlamidă de la ambasadorul împăratului Ioan Paleologu II*, Iași, 1839; *Doquie et Trajan, Legende populaire, des roumains, suive d'un itineraire au mont Pion. Dochia și Traian, Despre zicerile populare a românilor, cu itinerarul muntelui Pionul*, Iași, 1840; *Relație de starea învățămintelor publice în Moldova pe anul școlar*

1839-1840, Iași, 1841; *Elemente de matematică p. I, Aritmetică*, Iași, 1843; *Fabule versuite*, Ed. a III-a, adăugită, Iași, 1844; *Mirtil și Hloe, Pastorală*, prelucrare după Gesner și Florian. Cea întâiu piesă dramatică reprezentată în l. română, Iași, 1850; *Petru Rareș*, dramă istorică în patru părții. P.I, Iași, 1853; *Culegere de poesii*, 1854; *Țigani, Idilă cu cântece*, reprezentată în 24 I 1856, pentru Teatrul Național, Iași, 1856; *Nouvelle historique de la Moldo- Roumanie, Traduit du Roumain Partie I-II*, Iași, 1859- 1866; *Pentru progresul patriei române, Odă dedicată înaltei adunări elective a Principatelor Unite*, Iași, 1862; *Elena Dragoșu de Moldavia*, Dramă istorică în trei acte, Iași, 1863; *Voichița de Roumanie, dramă istorică originală*, Iași, 1863; *Poesii*, Vălenii de Munte, 1908; *Nuvele istorice*, cu un studiu, indice și final de Petru V. Haneș, Buc., 1915; *Opere*, vol. I-II, Ediție îngrijită și prefătată de N.A. Ursu, Buc., 1973; Bibliografie critică: Atanasiu V., *Gheorghe Asachi, Biografia și operele sale*, Iași, 1890; Berindei Dan, *O scrisoare a lui Gh. Asachi din 1856*, Buc., 1946; Bistrițianu Al., *Gh. Asachi și folclorul*, Buc., 1955; Bucur Marin, *Biblioteca lui Gh. Asachi*, Bălcești pe Topolog, 1979; Caracostea D., *Izvoarele lui Gh. Asachi*, Buc., 1928; Enescu N., *Gh. Asachi, organizatorul școlilor din Moldova*, Buc., 1962; Iorga N., *Gh. Asachi ca tipograf și editor. După catalogul lui din 1847*; Lovinescu Eugen, *Gheorghe Asachi, Viața și opera lui*, Buc., 1921; Ungureanu Gh., *Gh. Asachi 1788-1869*, Buc., 1969.

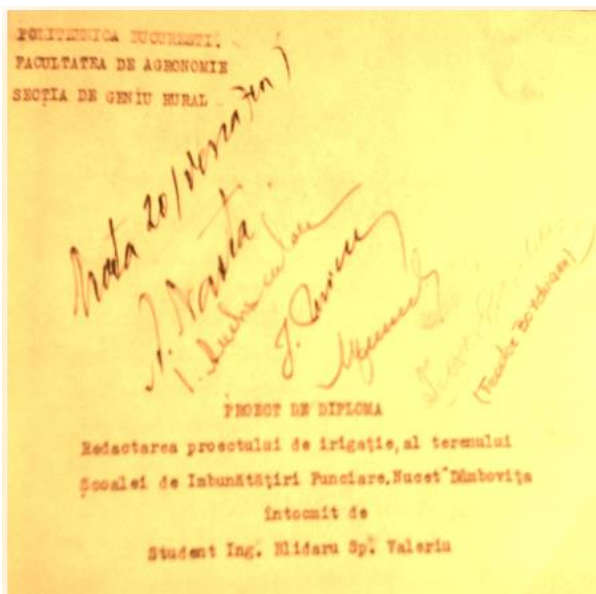
APRECIERI – PRIN DIPLOME, MEDALII ȘI LUCRĂRI RELEVANTE

VALERIU BLIDARU

*profesor universitar doctor, inginer de geniu rural, doctor docent în științe,
profesor consultant la Facultatea de Hidrotehnică din
Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” Iași*



1. LA ÎNCEPUTUL ACTIVITĂȚII (proiectul de diplomă aplicat pe teren)



Iunie 1947

Coperta interioară a proiectului de diplomă



Diplomă de inginer – Geniu Rural

Acum comisia – din cine era formată și ce obiective finale avea? În cazul secției noastre (Geniu Rural), erau 5 profesori (miniștri sau șefi de departament), plus doi adjuncți – directori în ministerele de resort. În cazul analizei și susținerii proiectului subsemnatului, la care am obținut calificativul maxim (20) erau:

- prof. Al. Nasta – guvernatorul Creditului Rural;
- prof. I. Andriescu Cale – ministru la Ministerul Lucrărilor Publice;
- prof. I. Voicu – ministru, secretar de stat la Agricultură și Industrii Alimentare;
- prof. Th. Bordeanu – șeful Departamentului de Horticultură;

iar cei doi adjuncți erau:

- prof. I.M. Gheorghiu – directorul general al Departamentului de Îmbunătățiri Funciare și C.R.;
- prof. Gh. Bârcă – director general al Departamentului de Amenajări Hidrotehnice, pentru piscicultură și Delta Dunării.



Comisia de diplomă pentru secția GENIU RURAL – 12.07.1947, București

(profesorii – 6 și candidații:

3 din seria curentă și 2 din serii anterioare)

Comisia asculta, cumpănea cu multă atenție desfășurarea susținerii, care putea dura și câteva ore și apoi deliberau și hotărâau. În cazul meu, au hotărât: nota 20 la proiect, cu aviz autorizat, de către miniștrii proprii ai departamentelor interesate, de a mi se încredința, ca șef de șantier complex, realizarea/materializarea proiectului. După o lună de zile, am fost investit la teren, Nucet – Dâmbovița, ca șef de șantier, unde a doua zi de la sosire am și primit



Prof. dr. ing. Ecaterina-Nanina Blițaru

Profesor de hidraulică la
Facultatea de Hidrotehnică
din Institutul Politehnic Iași

un eșalon de 500 muncitori și tehnicieni terasieri, prin grija prefectului de Dâmbovița și în supravegherea directă a ministerelor de resort. Președintele Academiei Române – prof. Traian Săvulescu – a venit personal la demararea acestei lucrări de interes național. Totodată, cu acordul celor de mai sus, în ziua de 6 decembrie 1947 am fost însărcinat cu organizarea și conducerea primei școli de subingineri Nucet pentru *Îmbunătățiri Funciare și Piscicultură*.

De aici înainte, traseul profesional al vieții mele era bine și puternic jalonat.

Rezultatul muncii de circa doi ani a fost la înălțimea așteptărilor Comisiei de Diplomă. Toate lucrările realizate, în mare parte mecanizat, începând cu prima linie îngustă de vagoane decauville, pentru transportul pământului, cu forarea pe sub calea ferată și trecerea apelor r. Dâmbovița prin sifonare și pod sifon etc. au funcționat fără dificultăți/avarii etc., motiv pentru care am primit recunoaștere și trimiterea mai departe spre alte cerințe și realizări.

Astfel în iulie 1948, am organizat la Galați școala de subingineri de Îmbunătățiri Funciare, transferată apoi la Brăila, unde a fost adusă, de la Nucet, secția de Îmbunătățiri Funciare, rămânând acolo numai cea de Piscicultură.

În iulie 1948 m-am căsătorit cu fosta mea colegă de facultate, Ecaterina Moiescu, din comuna Scurtești – Buzău, fiică și nepoată de învățător și preot. Cu această bună, înțeleaptă și foarte capabilă tovarășă de viață, am parcurs tot traseul și peregrinările vieții, adesea foarte dificile: Nucet → Galați → Brăila → Tulcea → Galați și București → Iași.

Lucrând în același sector – învățământul superior, Facultatea de Hidrotehnică, am mers pe specialități diferite: dânsa – în Hidraulică, ajungând profesoară, cu doctoratul în Hidraulică, în cadrul Institutului Politehnic Timișoara, iar eu în Irigații și Drenaje.

În imagine i se poate citi de pe frunte și din privire tot ce reprezenta: cinstea, modestia, capabilitatea, dreptatea și neacceptarea vreunui compromis.

Din 1942, când am cunoscut-o în primul an de facultate și până în mai 1993, când ne-a părăsit, comportarea sa a fost la cel mai înalt nivel.

Trăsăturile sale deosebite le-a transmis și celor doi copii ai noștri: Irina și Tudor-Viorel, azi specialiști în Hidrotehnică și Electronică, ambii fiind și doctori ingineri. Ambii mi-au devenit și colaboratori și coautori la cartea enciclopedică *Amenajări Hidrotehnice pentru Dezvoltare Rurală*.

La Galați a luat ființa prima Facultate de Îmbunătățiri Funciare (Hidroameliorații și Organizarea Teritoriului, cu Geodezie).

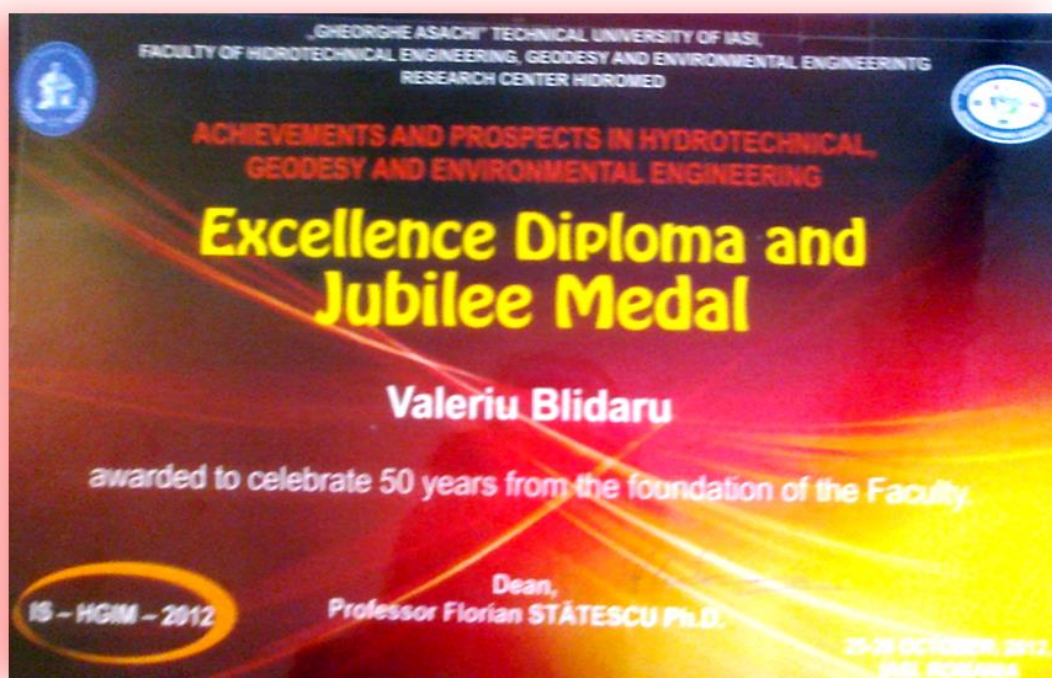
În aceeași toamnă (noiembrie-decembrie) am fost „luat” la Galați, la noua și prima Facultate de Îmbunătățiri Funciare (Hidroameliorații) din România.

În cei 10 ani de muncă la facultatea din Galați mi-am putut defini drumul.

Împreună cu fostul ministru al Agriculturii, ing. Marin Stancu, am pus bazele Comitetului Național Român de Irigații și Drenaje, afiliat Comitetului Internațional din India, New Delhi, încă din 1954.

Mai precizez că la deplasarea efectuată în China, 1977, și Coreea, am avut marea cinste și surpriză ca la vizita făcută la Universitatea din Peking să fiu primit într-o vastă și fastuoasă bibliotecă, în care, într-o încăpere specială pentru Europa, erau expuse toate cărțile, tratatele și monografiile mele, împreună cu sutele de articole și comunicări. Nu mi-am putut închipui așa ceva, că se poate realiza. Și în prezent sunt obsedat de complimentele cu care am fost primit, ca „cel mai mare hidrotehnist al Europei”. Cu mine mai erau încă trei colegi de la Iași.

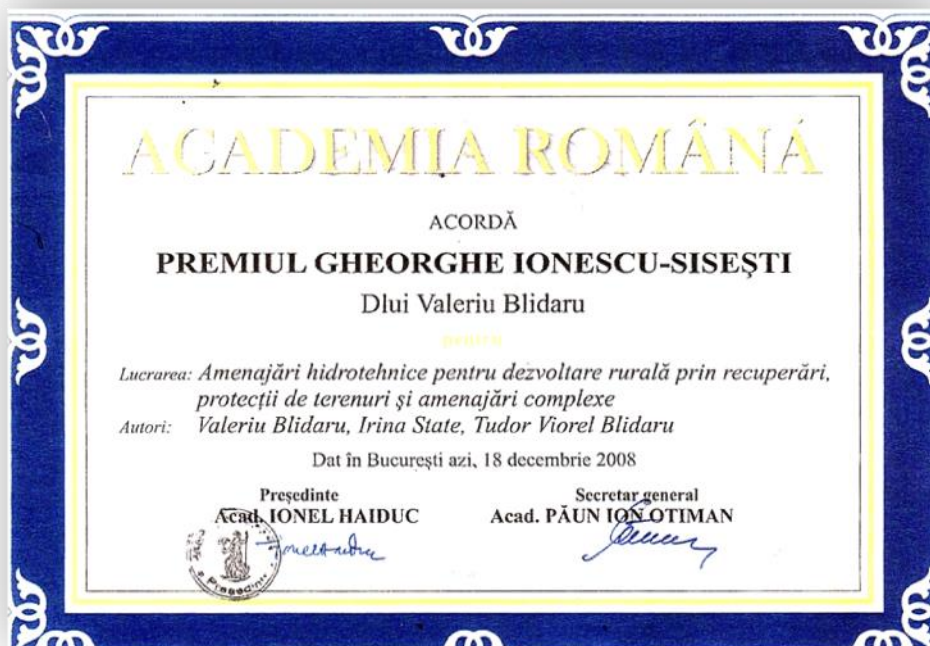
2. LA SFÂRȘITUL ACTIVITĂȚII DE 60 ANI – DIPLOMA DE EXCELENȚĂ ȘI MEDALIA JUBILIARĂ





3. DIPLOME ȘI APRECIERI, ÎN TIMPUL CELOR 60 DE ANI

1. Academia Română – premiu (2008)

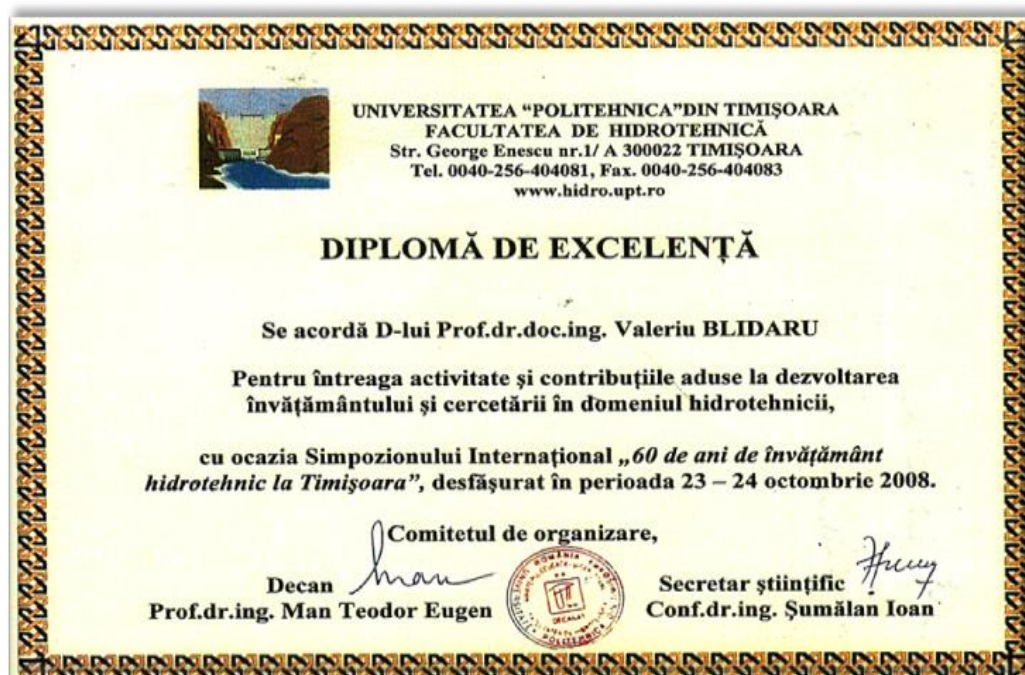


2. Distincția – GRAND PRIZE – Salonul de Creativitate și Inovări (2012)




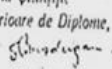
4. APRECIERILE UNOR INSTITUȚII DE SPECIALITATE RELEVANTE

1. Diploma de Excelență a Universității „Politehnica” Timișoara

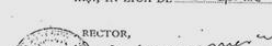


5. DIPLOME ȘI ATESTATE

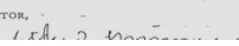
1. Atestat de profesor universitar

ATESTAT DE PROFESOR	PRIN HOTĂRIREA COMISIEI SUPERIOARE DE DIPLOME Nr. <u>986</u> din <u>3 noiembrie</u> 1965 se acordă Tov. BLIDARU VALERIU GRADUL DIDACTIC SUPERIOR DE PROFESOR SPECIALITATEA <u>irigații, desecări</u> PREȘEDINTELE COMISIEI SUPERIOARE DE DIPLOME  Acad. ȘTEFAN BALAN
MI-AP Seria Nr. <u>749</u> București <u>4 noiembrie</u> 1965	Secretarul Științific al Comisiei Superioare de Diplome, 

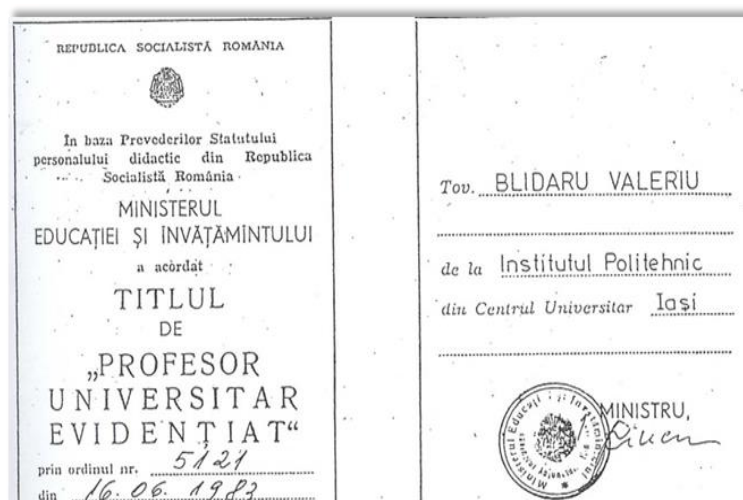
2. Diploma de doctor inginer

REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÎNTULUI INSTITUTUL POLITEHNIC "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI	
DIPLOMA DE DOCTOR RECTORUL INSTITUTULUI POLITEHNIC "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI CONSTATÎND CĂ <u>Blidaru Sp. Valeriu</u> NĂSCUT ÎN <u>Malu cu Flori, jud. Argeș</u> LA DATA DE <u>2 octombrie 1921</u> A SUSȚINUT TEZA DE DOCTORAT LA Facultatea de hidrotehnică PE BAZA HOTĂRÎRII COMISIEI DE DOCTORAT DIN ZIUA DE <u>18 aprilie 1968</u> CONFIRMATĂ DE COMISIA SUPERIOARĂ DE DIPLOME ÎN ȘEDINȚA DIN <u>3 decembrie 1968</u> ÎI CONFERĂ TITLUL ȘTIINȚIFIC DE DOCTOR INGINER IAȘI, ÎN ZIUA DE <u>24 aprilie 1970</u> RECTOR,  PREȘEDINTELE COMISIEI DE DOCTORAT,	

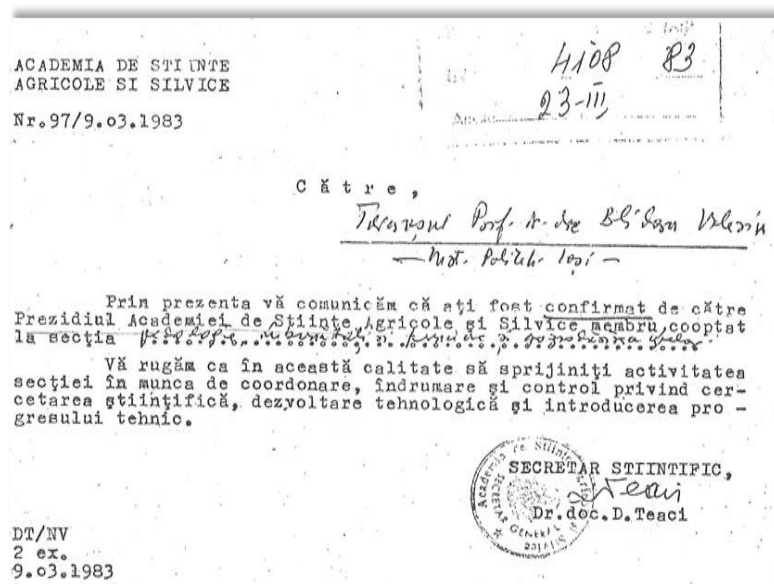
3. Diploma de doctor docent în științe

REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÎNTULUI INSTITUTUL POLITEHNIC "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI	
DIPLOMA DE DOCTOR DOCENT ÎN ȘTIINȚE RECTORUL INSTITUTULUI POLITEHNIC "GHEORGHE ASACHI" DIN IAȘI CONSTATÎND CĂ <u>BLIDARU SP. VALERIU</u> NĂSCUT ÎN <u>Malu cu Flori, jud. Argeș</u> LA DATA DE <u>2 octombrie 1921</u> A SUSȚINUT MEMORIUL DE ACTIVITATE ȘTIINȚIFICĂ LA FACULTATEA DE <u>hidrotehnică</u> PE BAZA HOTĂRÎRII COMISIEI DE DOCTORAT DIN ZIUA DE <u>13 iunie 1974</u> CONFIRMATĂ DE COMISIA SUPERIOARĂ DE DIPLOME ÎN ȘEDINȚA DIN <u>30 noiembrie 1974</u> ÎI CONFERĂ TITLUL ȘTIINȚIFIC DE DOCTOR DOCENT ÎN ȘTIINȚE IAȘI, ÎN ZIUA DE <u>10 decembrie 1975</u> RECTOR, HR. 414  PREȘEDINTELE COMISIEI DE DOCTORAT,	

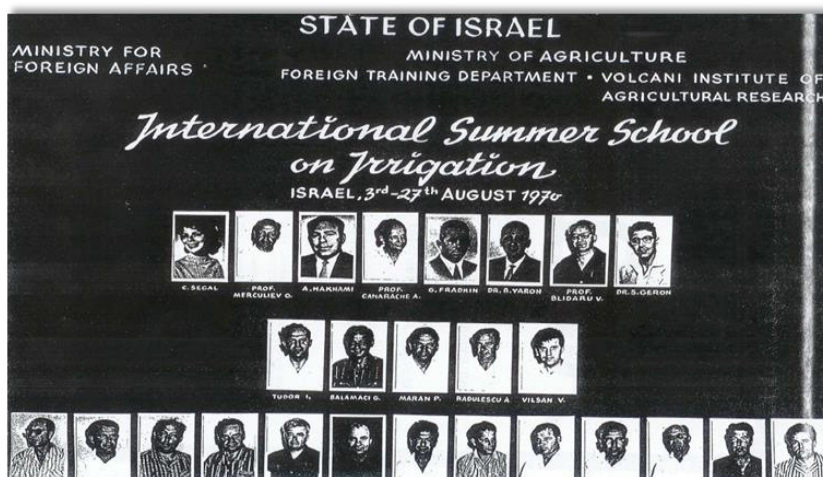
4. Titlul de profesor universitar evidențiat



5. Confirmare ASAS



6. Diploma de cursuri postuniversitare internaționale de irigații



7. Diploma Congres IX International „Irigații și Drenaje”



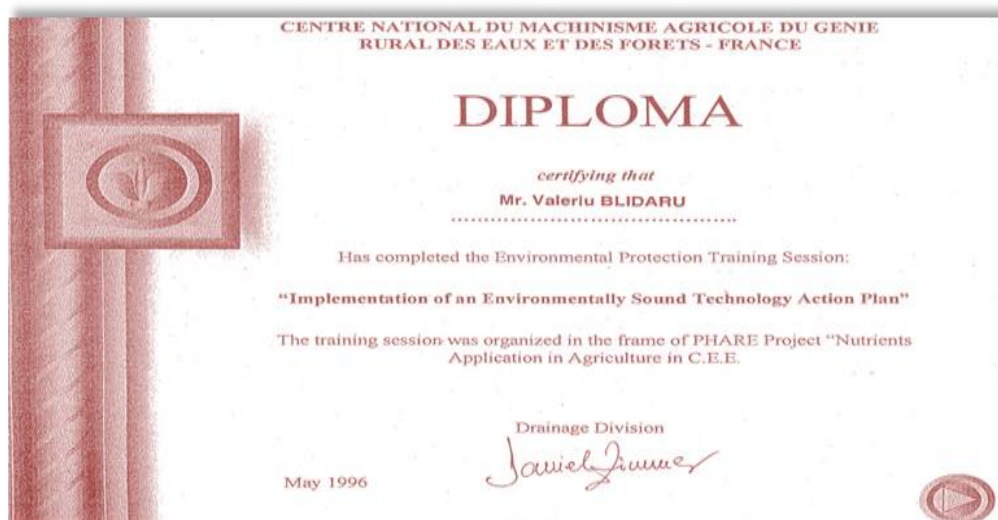
8. Diploma de onoare

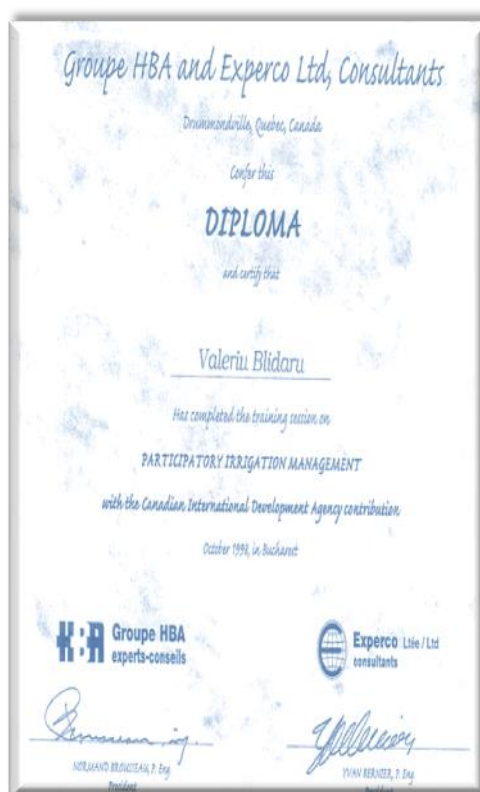
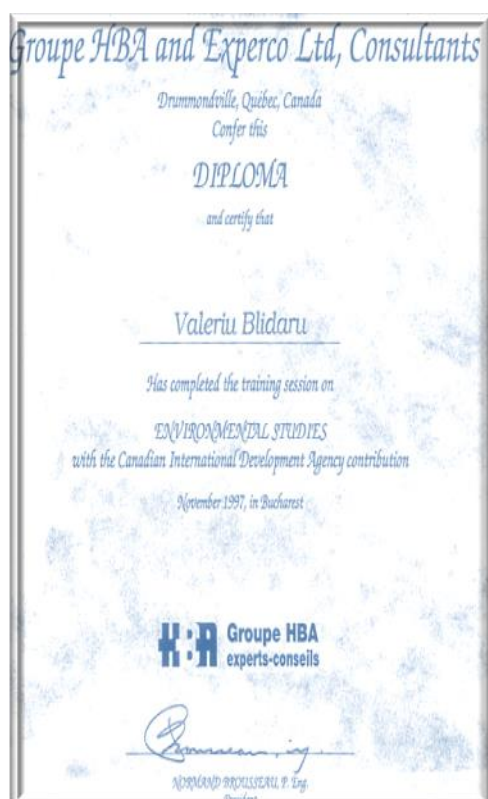
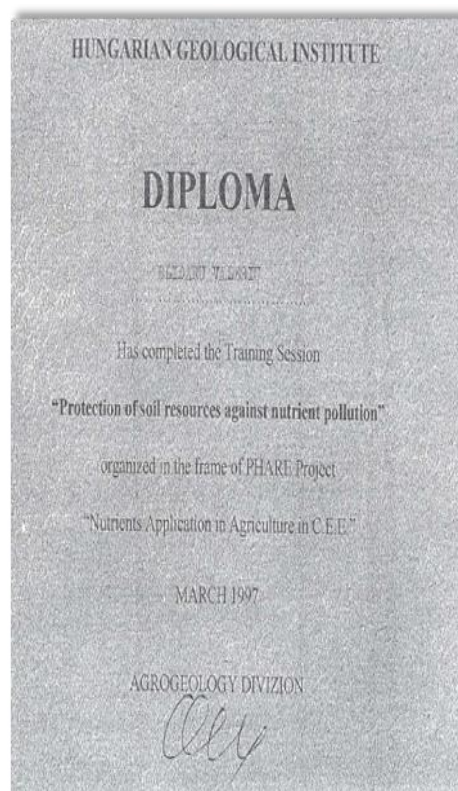
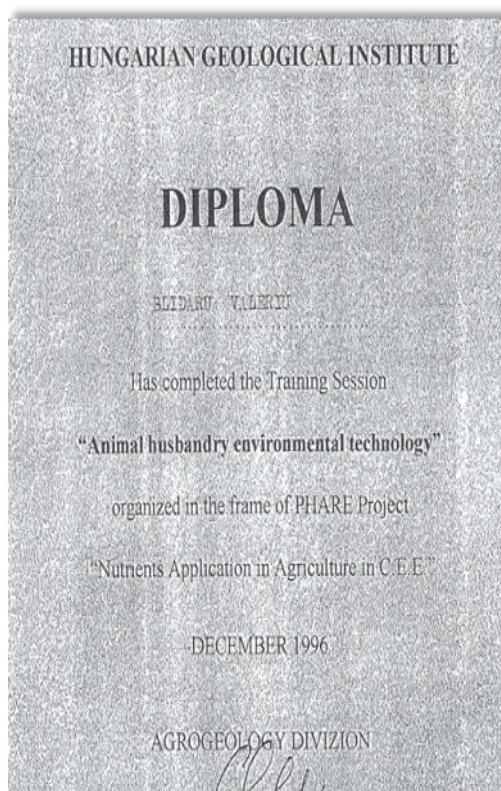


9. Atestări MLPAT (verificări de proiect și expert tehnic, în Construcții și Amenajări Hidrotehnice și Construcții pentru Îmbunătățiri Funciare)



10. – 17 Diplome/atestate de Mediu (poluări, protecții, management etc.)





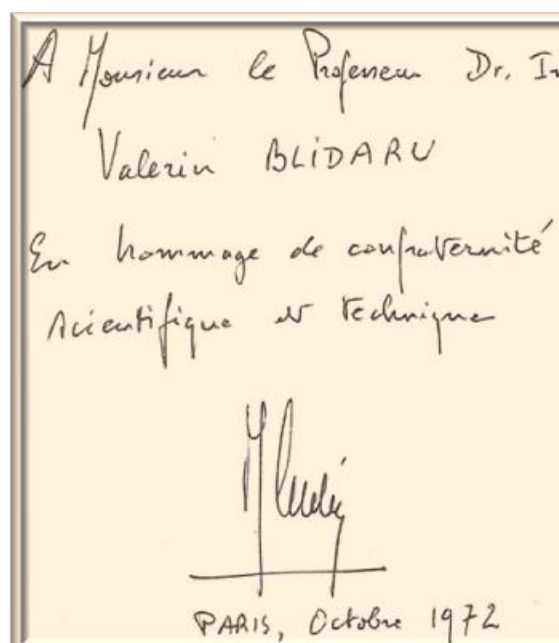
18. Diploma de onoare – Editura Tehnică 2000



6. TRATATE ȘI STUDII MONOGRAFICE DE ȚINUTĂ INTERNAȚIONALĂ

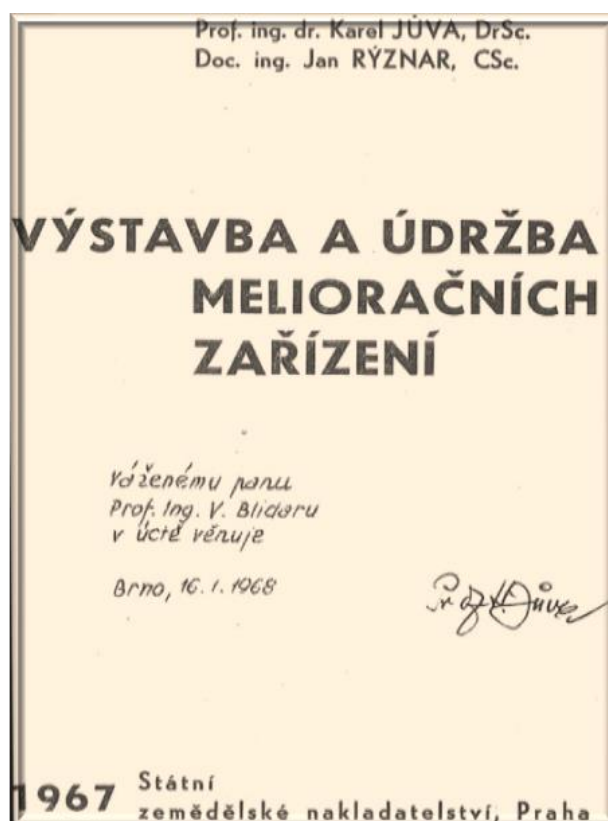
ca exemplu voi prezenta coperta interioară a unor cărți, cu adresarea celui în cauză:

1/ Marele hidraulician francez – M. Carlier



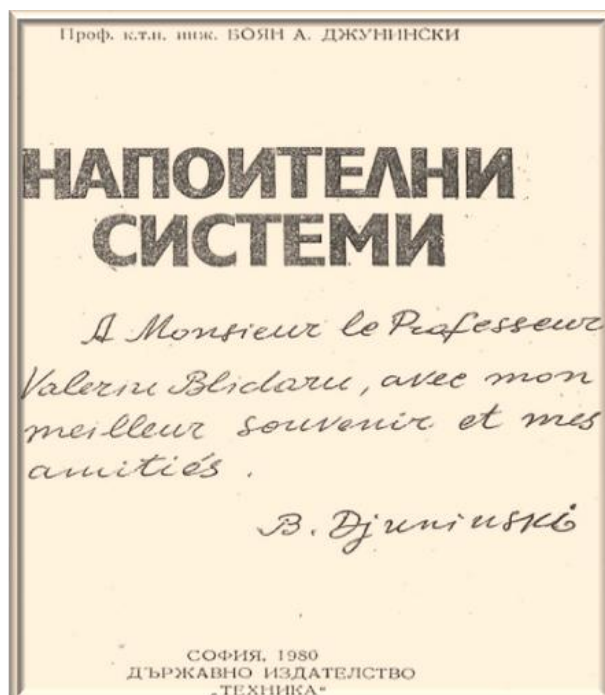
Hidraulica generală și aplicația a prof. M. Carlier – Franța, Paris 1972

2/ Marele specialist ceh – prof. K. Jůva



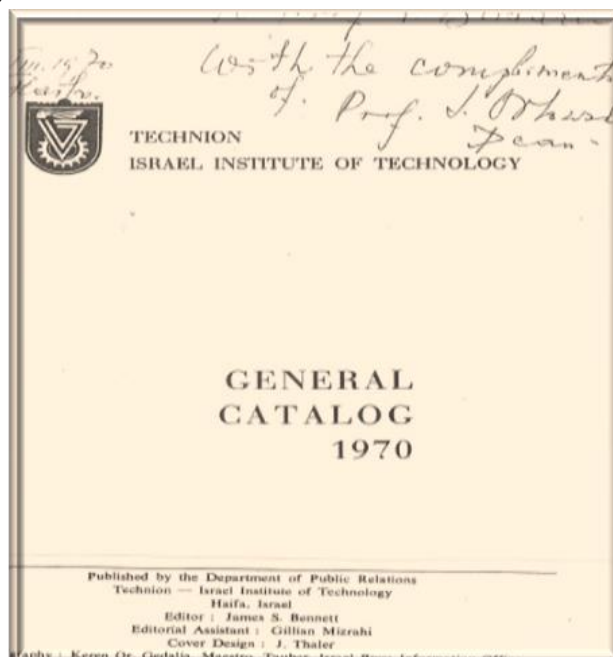
Construirea și exploatarea utilajelor de ameliorare – Praga, 1967

3/ Marele specialist bulgar – prof. Boyan Djuninski – în ingineria civilă pentru hidroameliorații



Sisteme hidrotehnice pentru ameliorații – 1980

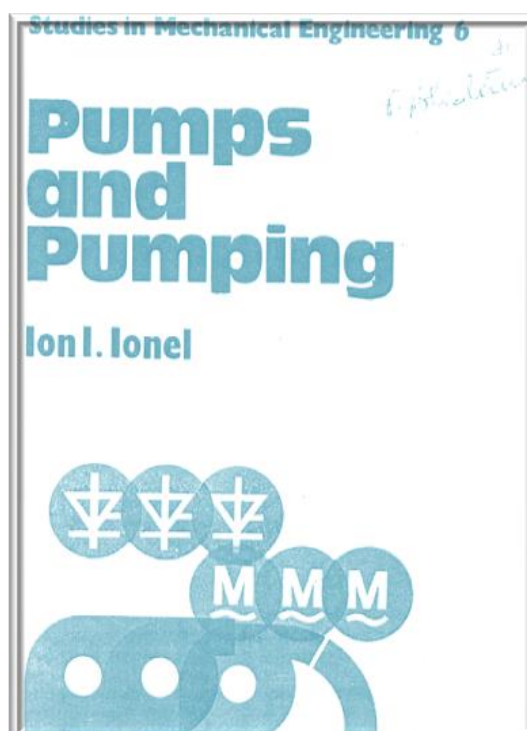
4/ Renumitul Institut „Technion” – Haifa, Israel – cu întreaga structură de învățământ ingineresc, de cercetare/integrare



Technion – Haifa – 1970

7. APRECIERI PRIVIND COLABORAREA CU O SERIE DE COLEGI-SPECIALIȘTI ȘI PROFESORI DE MARE PRESTIGIU, CREAȚI ȘI REALIZAȚI ÎN ȘCOALA HIDROTEHNICĂ IEȘEANĂ

1/ Considerația de a prefața tratatul marelui specialist în pompe, consilierul ing.
Ion I. Ionel



8. CANALUL „DUNĂRE – MAREA NEAGRĂ”

Înscriu și o modestă contribuție, prin cercetări și laborator, la realizarea unui mare și complex obiectiv hidrotehnic-energetic de irigații și navigație „Canalul Dunăre – Marea Neagră”, dar în mod deosebit prin analizarea, în comisia celor 16 experți, a tuturor pieselor, secțiunilor, datelor tuturor variantelor, până s-a ajuns la formula finală, prezentată în prospect – foto.

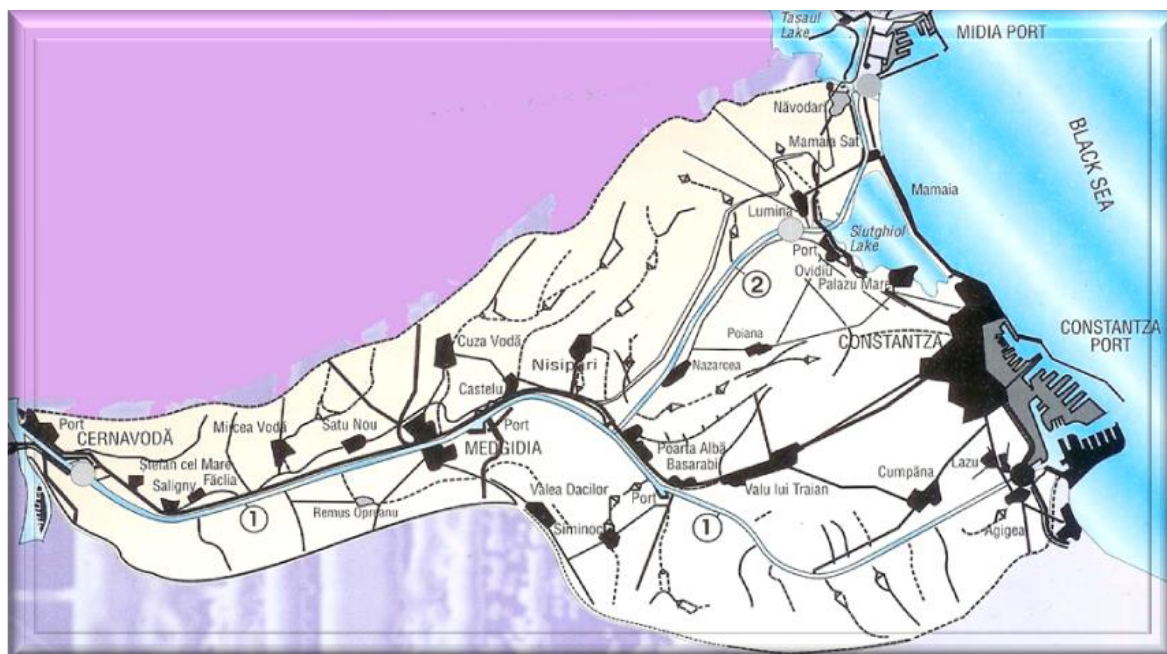
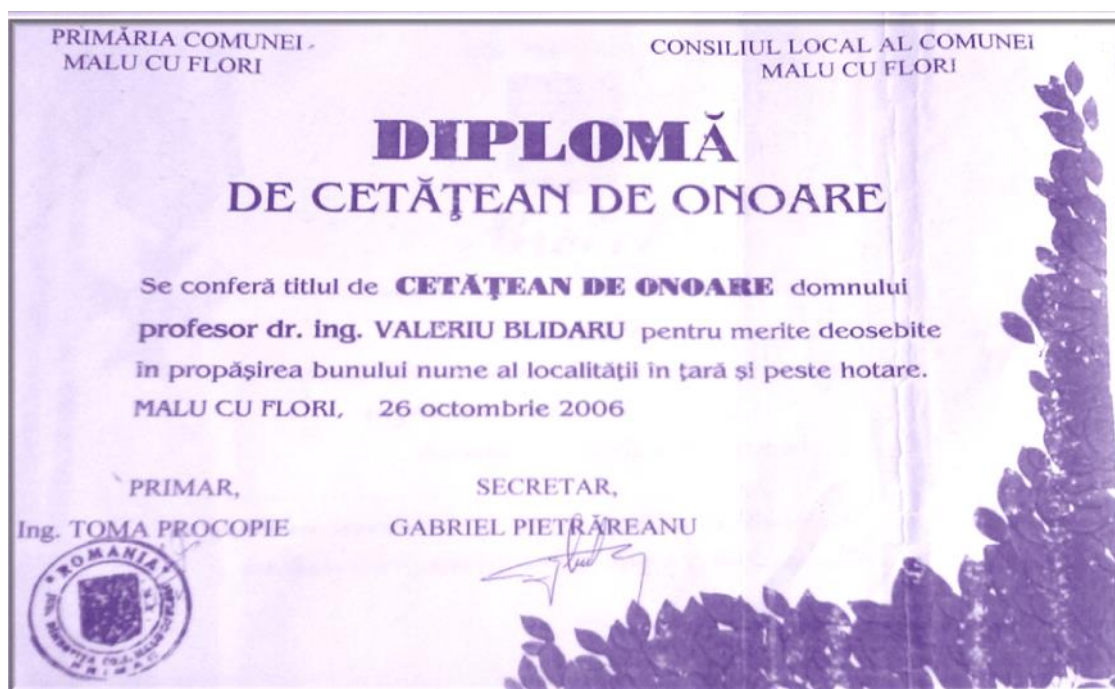


Foto – Canalul Dunăre – Marea Neagră

19. Brevet militar cu Medalia „Crucea Comemorativă” a celui de al doilea război mondial (1941 - 1945)



20. Diploma de Cetățean de Onoare al comunei natale „Malu cu Flori”



9. TEZE DE DOCTORAT LA FACULTATEA DE HIDROTEHNICĂ IAȘI

Fundamentarea Tehnicii Drenajului și irigației pe modele.
Baza teoretică-științifică și tehnică-experimentală



Cercetări pe
modele hidraulice
pentru derivarea
apei din râul Siret
pentru irigarea
Bărăganului

**Tabel cu doctoraturile desfășurate în cadrul L.I.D. sub îndrumarea
prof. Valeriu Blidaru în domeniul Hidrotehnică – Inginerie Civilă**

Nr. crt.	Numele și prenumele	Data înscrierii	Tema tezei	Susținere
1.	ȘERBAN E. DRAGOȘ	1968	Contribuții la îmbunătățirea aspersoarelor produse în România.	1973
2.	NGUYEN DUY TAN Vietnam	1969	Studiul tehnicii irigației prin aspersiune a culturilor de câmp, în condițiile terenurilor în pantă.	1972
3.	VO DUG NGUYEN Vietnam	1969	Stabilirea elementelor tehnice la udarea prin brazde lungi pentru diferite condiții de sol, pantă și culturi (cu prioritate plantații pomicole).	1972
4.	LASITA EMILIAN	1969	Îmbunătățirea tehnicii de udare prin scurgere la suprafață cu ajutorul conductelor mobile.	1974
5.	CISMARU CORNELIU	1969	Contribuții la studiul efectului hidraulic al aluviunilor asupra conductelor de irigare prin aspersiune.	1976
6.	CHIRILĂ ALEXANDRU	1969	Contribuții la automatizarea unui sistem de irigații.	1981
7.	LEU DOBRICĂ	1969	Contribuții la studiul rețelilor de conducte sub presiune din sisteme de irigații.	1981
8.	NICOLAU AURELIAN	1969	Contribuții la studiul granulometriei ploi realizate prin aspersiune.	1985
9.	ȘTEF IOAN	1969	Criterii de optimizare a proiectării construcțiilor agrozootehnice.	Pensionat
10.	APREUTESEI CALISTRU	1970	Contribuții la studiul determinării mărimii, formei și nivelării optime a sectoarelor pentru irigarea bivalentă.	Decedat
11.	HÂNGU GHEORGHE	1970	Contribuții la folosirea piloților Franki la lucrările din marile sisteme de irigații amplasate în zone cu pământuri macroporice sensibile la umezire în România.	1972
12.	POPESCU ION		Contribuții la determinarea debitului de calcul pentru proiectarea sistemelor de irigații în condițiile Olteniei.	1980
13.	GODEANU ȘTEFAN	1972	Contribuții la stabilirea unor soluții pentru înlăturarea pierderilor de apă de pe rețeaua de canale din sistemele de irigații.	1980
14.	NITESCU EFTIMIE	1972	Contribuții la studiul (hidraulic, funcțional, tehnic) drenajului în scop de desalinizare și prevenire a salinizării (secundare) în masive irigabile.	1980
15.	POPOVICI GHEORGHE	1972	Contribuții la studiul comparativ al metodelor moderne de irigații pe terenurile cu pante diferite cu aplicații în b.h. Bahlui.	1986.
16.	MANTZ NICOLAE	1972	Contribuții la studiul tehnico-economic al rețelilor de irigații îngropate, din diferite materiale.	Depus teza în 1983
17.	CHERA NICOLAE	1973	Contribuții la funcționarea tehnicii irigației prin scurgere la suprafață.	1980
18.	VLĂDESCU DUMITRU	1973	Contribuții la studiul tehnicii drenajului, cu aplicare în Câmpia Română	Decedat
19.	LEIBU HERH	1974	Contribuții la modernizarea tehnicii de irig. prin brazde, prin valorificarea optimă a parametrilor hidraulici și prin automatizarea distribuției apei.	1985
20.	MATEI VIRGIL	1974	Contribuții la studiul proceselor de colmatare și a metodelor de decolmatare a rețelilor de canale și conducte din marile sisteme de irigații.	1981
21.	BARTHA IOSIF	1976	Cercetări asupra hidraulicii și funcționalității rețelilor de conducte sub presiune folosite în tehnica irigației în regim bivalent și care transportă apa cu diverse turbidități.	1987
22.	ARMĂȘELU MARIN	1977	Contribuții la soluționarea eliminării excesului de umiditate de pe versanți și a stabilizării terenurilor alunecătoare prin lucrări de drenaj.	1986
23.	COJOCARU IOAN	1977	Contribuții la stabilirea unor parametri funcționali ai drenajului, aplicat pe terenurile în pantă și alunecătoare, cu referire la platforma experimentală din b.h. Dîmbovița, subbazin V. Largă-Micloșani.	1985
24.	GALEB JNED Siria	1977	Studiul pierderilor de apă din canalele de irigații și al măsurilor de impermeabilizare, cu referiri comparative la zone de deșert și semideșert (ex. Siria) și zone semiumedă și temperate (ex. România).	1984
25.	ALEXANDRESCU OVIDIU	1978	Model optim al sistemului hidroameliorativ Iași, care să asigure cerințele complexe de apă ale județului din resurse proprii și prin transfer din bazinele hidrografice limitrofe.	1993
26.	LOGHIN DAN	1978	Contribuții la optimizarea rețelei de conducte pentru irigații (în cadrul unui plot) folosind diverse diametre, diverse materiale și funcționarea cu apă de diferite turbidități. Cercetări comparative pe stand. cond. al Lab. I.D.	Decedat
27.	SIMIONESCU MARIAN			Decedat
28.	SFREDEL ILIE	1978	Contribuții la studierea și fixarea soluției optime de automatizarea sistemelor de irigații deschise din zona complexului de lacuri Razelm – Sinoe.	19991
29.	LUCA MIHAIL	1981	Contribuții la optimizarea tehnicii de irigație prin picurare și rampe perforate.	1989
30.	PREPELIȚĂ DAN	1981	Contribuții la studierea automatizării hidraulice a unui sistem zonal complex de irigații; cu adaptare pentru județul Iași.	1989
31.	PRICOP ADRIAN	1981	Contribuții la optimizarea lucrărilor transversale din rețeaua de se. torent.	Depus teza în 2001 cu ref., apoi transf. la CES
32.	TOMA STELIANA	1985	Contribuții la perfecționarea tehnicii și echip. de valorificare prin irig. a apelor locale, cu protecția echilibrului ecologic.	1996

Nr. crt.	Numele și prenumele	Data înscrierii	Tema tezei	Susținere
33.	POPIA ADRIAN	1989	Contribuții la studierea drenajului pentru consolidarea terenurilor alunec din zona subcarpatică cu influență exercitată asupra regimului scurg. în cursul de apă adiacent (Poligonul hidrotehnic experimental V. Largă – Dâmbovița)	1995.
34.	GOBILA WENCESLAS			Decedat
35.	GEORGESCU IONEL			Decedat
36.	NASTASE VALENTINA			Retras
37.	MIHAI ION			Transferat
38.	SCRIPCARU CONSTANTIN			Retras
39.	ZAMFIR IOAN			Retras
40.	RADU ANA			Retras
41.	COSTEA VASILICA	1990	Contribuții asupra alegerii soluțiilor de drenaj în solurile grele salinizate.	1994
42.	STATE DANIEL	1990	Contribuții la realizarea unui plot economic pentru irigații, caracteristic zonelor de câmpie (cu posib. de generalizare în Câmpia Buzăului)	1997
43.	PLOAE PAUL	1990	Contribuții la stabilirea parametrilor tehnici de irigare localizată în condițiile nisipurilor din sudul Olteniei (pentru vița de vie)	1997
44.	NICHITA RODICA	1990	Contribuții la drenarea terenurilor alunec. în scop de ștab. cu reglarea regimului de umiditate în b.h. Dâmbovița Superioară (p.e. V. Largă).	Retras
45.	ȘERB NICOLETA	1990		Retras
46.	ȘERB EMILIAN	1990	Contribuții la drenarea depozitelor de materiale de construcții utilizate la sistemele de irigații.	Retras
47.	VRABIE ILEANA	1992	Contribuții la stud. tehnicilor de irigat cu ape uzate provenite de la un complex reprezentativ din N-E țării (cu condiții naturale specifice).	1998
48.	BERBECI VASILE	1992	Contribuții la studierea unor măsuri pentru retehnologizarea complexului de irigații Ialomița – Călmățui (reducerea pierderilor de apă din canale, adaptarea ploturilor la noile condiții cu economia de piață, ș.a.).	Terminat teza și apoi schimbări în Minister
49.	GROSU MIHAI	1993	Contribuții la retehnologizarea unor amenajări de irigații prin valorificarea (principiilor) concepțiilor reversibilității și funcționării mixte.	1995
50.	BURLACU DUMITRU	1993	Contr. la rethn. amenaj. de irig. conform cerințelor moderne de management specifice ec. de piață – prin creșterea rând. și informatiz. activit. de cond. operativă (aplic. la amenaj. alimentate cu apă din r. Prut, zona Tabăra – Sculeni)	2000
51.	NEACȘU VIRGIL	1994	Contribuții privind utilizarea teledetecției satelitare și a sistemelor geografice informaționale în diagnosticul și reabilitarea amenajărilor de irigații din România.	În curs de redactare
52.	CONDRUZ ROMICA	1995	Contribuții în studierea măsurilor de reabilitare și modernizare a sistemului complex de irigații „Câmpia Buzăului”.	2000
53.	ZAMFIR MIHAI	1995	Contr. în stud. măs. de reab. a sist. de desecare-drenaj și apărare, „Filipoiu” din complex, de IF – Insula Mare a Brăilei în scopul prevenirii fen. de salin, și pentru folos. apei colectate la irigații.	1995
54.	IONESCU CORNELIU	1995	Contribuții în stud. măs. de creștere a rând. în expl. a canal, de irigații construite pe loess din complex, de IF – V. Carasu-Dobrogea.	1999
55.	DAN IONEL	1997	Contrib. la studierea unor măsuri de creștere a eficienței amenajărilor de irigații și de apărare (îndiguiri-desecări), în Insula Mare a Brăilei.	2003
56.	NICOLAȘ ȘTEFAN	1998	Contribuții privind utilizarea resurselor de apă subterană ca sursă alternativă pentru irigații și dezvoltare rurală în zona sistemelor de irigații din Câmpia Buzăului.	2004
57.	COMAN CORNEL	1998	Contribuții (științifică și tehnică) în realizarea complexului hidrotehnic „Canalul Magistral al Bărăganului” ca sursă de apă pentru irigații, energie, navigație interioară și echilibru ecologic (în Bărăgan).	În curs
58.	MUCEANU MIHAI	2000	Contribuții în studierea efectului sistemului de irigații Carasu și al Canalului Dunăre Mare Neagră asupra Lacului Techirghiol.	
59.	OLARU LILIANA	1999	Contribuții la studierea drenajului: structură (dren, filtru); sol, funcționalitate, tehnologii pe terenuri plane și în pantă, optimizări.	Terminat teza
60.	NEAGU IOAN	2001	Contribuții privind controlul în sistem automatizat al apei în canale deschise cu funcționare mixtă (aducțiune și evacuare).	2011
61.	MEȘTERELU RADU	2002	Contribuții la reabilitarea sistemului de irigații „Câmpia. Buzăului”, din cadrul Complexului hidroenergetic Siriu -Cândești – B.H. Buzău. - Bilanț de apei; randament – automatizări SA5, SA7 cu subtraversări; noduri HE (SPP7).	2006
62.	MEILA IUSTIN-NICOLAE	2003	„Contribuții la retehnologizarea amenajărilor de irigații, alimentate cu apă din salba de lacuri din jurul Bucureștiului, prin interconectări, dispecerizare automatizată și protecția fondului piscicol și a mediului.	În curs

Colaborări interdisciplinare – cu mari specialiști și institute de prestigiu din țară și diverse țări

- am acordat atenția necesară și continuă sub diverse aspecte, ca de exemplu:
 - participări reciproce în comisii de doctorat



**Comisia de doctorat de la Institutul Politehnic Iași
Facultatea de Hidrotehnică și cu participarea unor profesori din
Timișoara și București**



**Comisia de doctorat de la Institutul Politehnic Timișoara
Facultatea de Hidrotehnică și cu participarea unor profesori din Iași și București
(martie 1996 – Teza dlui prof. Orlescu C-tin Mircea)**

10. CĂRȚI PUBLICATE ÎN EDITURI CENTRALE, LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE ȘI SINTEZE

1. *Irigații* (manual), Ed. Agro-Silvica București, 1954, Blidaru V., 641 pag.
2. *Desecări* (manual), Ed. Agro-Silvica București, 1956, Blidaru V., 547 pag.
3. *Termeni în hidroameliorații* (monografie), Ed. Lexicon Tehnic, vol. I, Blidaru V., 1957, 19 pag.
4. *Hidroameliorațiile în R.P. România* (monografie), Ed. Agro-Silvica București, vol. I și II, Blidaru V., Georgescu I., Ghiorghiu M., Vlădescu D., 1962, 1108 pag.
5. *Irigații și desecări* (tratat), Ed. Didactică și Pedagogică București, Blidaru V., 1969, 987 pag.
6. *Concepții și realizări în tehnica hidroameliorativă română: cercetări – contribuții* (monografie), Probleme Agricole - Terra Noastră București, Blidaru V., 1973, 39 pag.
7. *Concepții asupra surselor de apă, poziției prizei și aducțiunii gravitaționale „Canal Provence – Franța”* (monografie), Ministerul Agriculturii, ISPIF București, Blidaru V., Mantz N., 1973, 102 pag.
8. *Sistemele de irigații și drenaje* (tratat), Ed. Didactică și Pedagogică București, Blidaru V., 1976, 556 pag.
9. *Irigații și drenaje* (manual interuniversitar), Ed. Didactică și Pedagogică București, Blidaru V., Pricop Gh., A. Wehry, 1981, 726 pag.
10. *Scheme hidrotehnice complexe* (monografie: Franța, URSS, China, România, Iugoslavia), Ed. Tehnică București, Blidaru V., 1986, 300 pag.
11. *Raționalizări în irigații și drenaje* (vol. I – *Concepții, soluții, tehnici*) (tratat), Ed. Ceres, Blidaru V., Dobre V., 1990, 260 pag.
12. *Raționalizări în irigații și drenaje* (vol. II – *Cooperare interdisciplinară*) (tratat), Ed. Ceres, Blidaru V., Dobre V., 1991, 298 pag.
13. *Raționalizări în irigații și drenaje* (vol. III – *Recuperări de noi terenuri: nisipuri, sărături, turbării ș.a.*) (monografie), Ed. Ceres, Blidaru V., Dobre V., 1994, 350 pag.
14. *Studii și măsuri hidroameliorative de irigații și desecări pentru reglarea regimului de apă în sol, cu exemplificări în R.S. România*. Întrep. Poligrafică Iași, Blidaru V., 1967, 86 pag.
15. *Amenajări de irigații și drenaje*, Ed. Interprint, Blidaru V., Wehry A., Pricop Gh., 1997, 410 pag.
16. *Recuperări de teren și valorificarea terenurilor degradate, cu măsuri de protecția mediului*, Blidaru V. și colab., 800 pag.
17. *Amenajări Hidrotehnice pentru Dezvoltare Rurală – Enciclopedie*, Blidaru Valeriu, Irina State, Blidaru Tudor Viorel, Ed. Performantica, 2006, 2212 pag.
18. *Dezvoltare Rurală – Modernizări în Amenajările de irigații și drenaje în România*, Valeriu Blidaru, Irina State, Tudor Viorel Blidaru, Ed. Performantica, 2009, 1682 pag.
19. *Amenajări hidrotehnice complexe de-a lungul coridoarelor navale pan-europene și interioare pentru dezvoltare teritorială*, Valeriu Blidaru, Tudor Viorel Blidaru, Irina State, Daniel State, Editura Performantica, 2011 (4 volume):
 - Vol I. – 392 pag. – *Amenajări hidrotehnice complexe de-a lungul coridoarelor navale pan-europene la*
 - o *Vest: Rhône și canalele de legătură*
 - o *Est: Marea Baltică-Prut-Marea Neagră*
 - o *Sud-est: Canal Dunăre-Marea Neagră*
 - o *Sud: Dunărea-Axa Sudică Pan-Europeană-Coridorul VII*
 - Vol. II. – 522 pag. – *Amenajări hidraulico-agrare în regiunea inundabilă a Dunării (Luncă și Deltă) pe teritoriul României, cu unele construcții relevante pe Dunăre și cu unele unități/incinte cu lucrări conexe reprezentative*
 - Vol. III. – 630 pag. – *Amenajări hidraulico-agrare și piscicole în Delta Dunării și zonele limitrofe cordonului litoral, complexului de lacuri „Razelm-Sinoe” etc. și Podișul Dobrogean, cu:*
 - o *Automatizări diferențiate condițiilor locale, „Complex lacunar”;*
 - o *Tehnologii de consolidare a unor construcții hidrotehnice construite pe terenuri cu litologii dificile (loessuri și pământuri loessoide);*
 - o *Studii privind consecințele asupra mediului, precum și cele economice și sociale în Rezervația Biosferei „Delta Dunării”, determinate de unele intervenții – construcții pe canalele Deltei;*
 - o *Studierea unor măsuri/soluții de creștere a randamentului și siguranței în exploatare a unor amenajări din zona Dunării Inferioare*

- Vol. IV – 517 pag. – *Amenajări complexe de-a lungul (și în zonele de influență ale) canalelor interioare, cu folosințe complexe: apă pentru dezvoltare rurală, pentru agricultură – irigații, pentru navigație interioară, pentru hidroenergie*
 - o Canalul Magistral „Siret – Bărăgan”;
 - o Canalul „Dunăre – Argeș – București”;
 - o Canalul „Bega Navigabil” și, în perspectivă, „Olt și Prut”;
 - o Sistem informațional în amenajările hidraulico-agrară pentru utilizarea rațională a terenurilor din zona „Proiectului” Iași;
 - o Exemple de amenajări hidrotehnice complexe – cu independență energetică – din tehnica euro-asiatică, precum și soluția în concepție proprie (Laboratorul de Irigații și Drenaje din Facultatea de Hidrotehnică – Universitatea Tehnică Iași).

Subliniez că ultimele 3 lucrări (17, 18 și 19) au avut drept autori pe subsemnatul și copiii mei, cei mai apropiați, sinceri și dispuși la sacrificiu, chiar material: Irina State, ing. hidrotehnist și doctor în inginerie civilă, Tudor Viorel Blidaru, inginer electronist, informatician și doctor inginer în inginerie civilă și Daniel State, ing. hidrotehnist și doctor în inginerie civilă.

11. LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE (STUDII, CERCETĂRI, ANALIZE) PREZENTATE (ÎN SINTEZĂ) LA DIFERITE MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE INTERNAȚIONALE ȘI INTERNE (CONGRESE, SIMPOZIOANE, CONFERINȚE) ȘI PUBLICATE

12. Irrigation par rampes perforées débitant dans une rigole d'infiltration (în „Lectures for international summer school on irrigation”) – Bet-Daxon, Israel, 1970, Blidaru V., 8 pag.
13. Tendances dans l'aménagement des systèmes d'irrigation en Roumanie (Rapport sur la question no. 1) – în lucrările Colloque d'Aix-en-Provence, France, 14-19 Juin 1971, Blidaru V., 7 pag.
14. Rezultats experimentaux concernant les conduites mobiles d'aspersion (prezentat la Colocviul d'Aix-en-Provence, 14-19 iunie 1971 și publicat în Buletinul I.P. Iași, 1972, Blidaru Ecat., Blidaru V., Leibu H., Bartha I., 10 pag.
15. Irrigation et travaux d'améliorations foncières dans le Delta du Danube (R1 + R2) (în lucrările Congresului al VIII-lea Internațional de Irigații și Drenaje din Bulgaria – Varna, 1972, Blidaru V., 35 pag.
16. Rezultate experimentale și contribuții la perfecționarea aspersoarelor românești ASJ.1 și ASM-1 (Sesiunea comună cu Antr. Armătura Cluj) – Buletinul Inst. Politehnic Iași sect. IV, 1972, Blidaru V., Cismaru C., Șerban D., 9 pag.
17. Studii experimentale asupra pierderilor de sarcină la aspersoarele ASJ-1 și ASJ-1M, criterii de stabilire a calității aspersoarelor – lucrările Ses. Șt. a Inst. Politehnic Timișoara, 1973, Blidaru V., Șerban D., Leibu H., Bartha I.
18. Tehnica de calcul a aripilor de aspersiune formate din conducte de aluminiu – lucrările Ses. Șt. a Inst. Politehnic Timișoara, 1973, Blidaru V., Șerban D., Leibu H., Bartha I.
19. Conduites en polyethylene utilisées dans la technique de l'irrigation par aspersion – ICID Technical Memoirs nb.2 New Delhi, 1974, Blidaru V. și colaboratorii, 9 pag.
20. Amenagements hydro-agricoles dans le complexe des lacs saumâtres aux Bouches du Danube pour l'utilisation de ces eaux dans l'irrigation – lucrările seminarului internațional de Geniu Rural, Alger, 1975, Blidaru V., Hâncu Gh., 11 pag.
21. Contribution à l'étude des paramètres hydrauliques qui influencent la distribution de l'eau aux sillons d'arrosage des conduites flexibles (R1 + R2) – lucrările seminarului internațional de Geniu Rural, Alger, 1975, Blidaru V., Blidaru Ecat., Leibu H., Bartha I., Cojocar I., Lasita E., 35 pag.
22. Etudes concernant l'augmentation du rendement énergétique des arroseurs et l'amélioration des indices hydrauliques – lucrările seminarului internațional de Geniu Rural, Alger, 1975, Blidaru V., Șerban D., 25 pag.
23. Sisteme hidroameliorative pentru reglarea regimului de apă în sol cu funcție reversibilă și mixtă, proiectate pe baza bilanțului de apă – sesiune științifică – Revista Hidrotehnica București nr. 3/1975, Blidaru V., 10 pag.
24. Experimentations de laboratoire concernant les tuyaux flexibles ayant le rôle de rigole d'irrigation qui alimentent les sillons d'arrosage – lucrările seminarului internațional de Geniu Rural, Alger, 1975, Blidaru V., Lasita E., 22 pag.

25. Probleme privind optimizarea nivelării terenurilor pentru irigații și desecări – Buletinul Inst. Politehnic Iași, sect. IV, 1972 – Sesiunea comunicări, Blidaru V., Apreutesei C., 13 pag.
26. Contributions concernant les methodes des calculs des ailes d'aspersion construites en matieres diverses par experimentations en laboratoire – lucrările seminarului internațional de Geniu Rural, Alger, 1975, Blidaru V., 20 pag.
27. Quelques aspects theoriques – scientifique et pratiques du drainage sur les terrains agricoles degrades par le phenomene de salinisation – lucrările seminarului internațional de Geniu Rural, Alger, 1975, Blidaru V., Cismaru C., 18 pag.
28. Entretien sur l'automatisation des systemes d'irrigation avec quelques contributions – lucrările seminarului internațional de Geniu Rural, Alger, 1975, Blidaru V., 45 pag.
29. Etudes experimentales sur les conduits mobiles d'aspersion – lucrările seminarului internațional de Geniu Rural, Alger, 1975, Blidaru V., Blidaru E., Cismaru C., Leibu H., Bartha I., 28 pag.
30. Laboratoire d'irrigations et drainage a fonctions complexes – enseignement, recherche, etude de projects – lucrările seminarului internațional de irigații și drenaje, Alger, 1975, Blidaru V., 23 pag.
31. Quelques donnees de laboratoire concernant l'effet des alluvions sur le comportement hydrauliques des reseaux d'irrigation – lucrările Congresului al IX-lea de irigații și drenaje, Moscova, 1975, Blidaru V., Blidaru E., Cismaru C., 13 pag.
32. Resultats experimentaux concernant l'influences des alluvions dans les conduites d'aspersion – lucrările Congresului al IX-lea de irigații și drenaje, Moscova, 1975, Blidaru V., Cismaru C., Bartha I., 15 pag.
33. Analiz roboti dojdealninih truboprovodov, izgotovlennih iz rezlicinih materialov – lucrările Congresului al IX-lea de irigații și drenaje, Moscova, 1975, Blidaru V., Blidaru E., Cismaru C., 13 pag.
34. Experimentations et analyses concernant les ailes d'aspersion contruites en matieres diverses – lucrările Congresului al IX-lea de irigații și drenaje, Moscova, 1975, Blidaru V., Blidaru E., Cismaru C., 14 pag.
35. Experimentation concernant les indices hydrauliques et fonctionnels des acroscurs a pression maynne – lucrările Congresului al IX-lea de irigații și drenaje, Moscova, 1975, Blidaru V., Serban D., Cismaru C., 22 pag.
36. Contributions a l'etude de la stabilite des bief optima – lucrările Sympozion fluid Motion Stanility Hydraulic Systems with Automatic Regulators, Bucharest, Romania, sept. 26-29, 1976, 12 pag.
37. Experimentations de laboratoire concernant les tuyaux flexibles ayant de role de rigole d'irrigation qui alimentent les sillons d'arrosage – ICID Congres IX, Q 32.1, R.34, Tehnical Memoirs, New Delhi, 1977, Blidaru V., Lasita E., Leibu H., 14 pag.
38. Contributions a l'etude de la stabilite des bief optima – lucrările Simpozionului internațional de hidraulică aplicată 26-28 sept. București, 1976, Blidaru V., Chirila Alex., 10 pag.
39. Etudes et resultats concernant quelques procedes de reduction du degres de colmatation des reseaux d'irrigations – Congresul X internațional Atena 1978 și publicat în Buletinul Inst. Politehnic Iași Fasc. 1-4, 1978, Blidaru V., și colaboratorii, 12 pag.
40. Contributions a la modernisation des reseaux d'irrigations pour le fonctionnement automatique – lucrările Congresului X de irigații și drenaje, Atena, 1978, Blidaru V., Bartha I., Leibu H., Arsene D., 14 pag.
41. Etude hydraulique du drainage en P.V.C. – lucrările Congresului X de irigații și drenaje, Atena, 1978, Blidaru V., Cojocaru I., 12 pag.
42. Etude sur modele des filtres de drains dans le but d'etablir l'efficience hydraulico-fonctionnelles des ceaux-ci. Contributions – lucrările Congresului X, Atena, 1978, Blidaru V., Cojocaru I., 12 pag.
43. Apa de irigație cu hidroamestec și influența turbidității acesteia asupra rețelilor de conducte, pentru irigația prin aspersiune – lucrările sesiunii științifice jubiliare a Facultății de Hidrotehnică, Iași, 1978, Blidaru V., Blidaru E., Bartha I., 10 pag.
44. Determinarea directă printr-o metodă hidraulică a gradului de colmatare a conductelor de irigații și controlul calității spălării acestora – lucrările sesiunii științifice jubiliare a Facultății de Hidrotehnică, Iași, 1978, Blidaru V., Blidaru E., Materi V., Prepelita D., Bartha I., 16 pag.
45. Saline land improvement by irrigation, leaching and drainage – Congresul al XI-lea de irigații și drenaje Grenoble, Franța, 1981, și publicat în Buletinul Inst. Politehnic Iași, Fasc. 1-4, 1981, Blidaru V., și colaboratorii, 8 pag.
46. Gospodărirea și protecția apei în agricultură. Contribuții și preocupări ale Catedrei de hidraulică și hidroameliorații din Facultatea de Hidrotehnică – Inst. Politehnic Iași – lucrările: Consfătuiri „Folosirea rațională și protecția apelor în localități, industrie și agricultură”, vol. I, Constanța, 1982, Blidaru V., și colaboratorii, 12 pag.

47. Posibilități de obținere a energiei hidroelectrice în cadrul sistemului județean Iași de irigare și gospodărire a apelor – lucrările simpozionului Știința modernă și energia, Cluj-Napoca, 20-21 mai 1986, Blidaru V., Prepelita D., Prepelita Ioana.
48. Aspecte privind utilizarea și economisirea energiei într-un sistem de irigații gravitațional – lucrările simpozionului Știința modernă și energia, Cluj-Napoca, 20-21 mai 1986, Blidaru V., Prepelita D., Prepelita Ioana.
49. Soluția unui sistem complex de irigații în centrul Podișului Moldovei, cu aducțiuni și distribuții gravitaționale și cu producere de energie – lucrările simpozionului „Soluții noi, eficiente, în proiectarea și execuția structurilor” – ICCPDC – IP Timișoara, 14-15 nov. 1986, Blidaru V., Popovici Gh., Prepelita D., Nour D., Drăganescu C., Stoian C.
50. Soluții de sectoare de legătură pe canale magistrale, în cadrul unei scheme hidrotehnice gravitaționale – lucrările simpozionului „Soluții noi, eficiente, în proiectarea și execuția structurilor” – ICCPDC – IP Timișoara, 14-15 nov. 1986, Blidaru V., Popovici Gh., Prepelita D., Nour D., Drăganescu C., Prepelita Ioana.
51. Microhidrocentrale în cadrul unei scheme hidrotehnice gravitaționale – lucrările simpozionului „Soluții noi, eficiente, în proiectarea și execuția structurilor” – ICCPDC – IP Timișoara, 14-15 nov. 1986, Blidaru V., Popovici Gh., Prepelita D., Nour D., Preda L.
52. Acumularea teritorială Pârcovaci, cu baraj din materiale locale și cu prize de captare a apei la diferite cote – lucrările simpozionului „Soluții noi, eficiente, în proiectarea și execuția structurilor” – ICCPDC – IP Timișoara, 14-15 nov. 1986, Blidaru V., Prepelita D., Manolovici M., Petras M.
53. Asupra aluvionării canalelor de irigații în concordanță cu turbiditatea surselor de apă – lucrările simpozionului de „Curgeri bifazice”, Inst. Politehnic Buc. – Inst. de cercetări hidrotehnice Buc., 1987, Blidaru V., Bartha I., Luca M.
54. Microhidrocentrala, nucleu al automatizării distribuției apei în sisteme de irigații complexe, de tip gravitațional – lucrările simpozionului „Știința modernă și energie”, Cluj-Napoca, 25-26 mai 1988, Blidaru V., Prepelita V.
55. Mixed distribution of furrow and sprinkler irrigated water by pressurized conduit networks – lucrările „15-th European Regional Conference on Agricultural Water Management” ICID Dubrovnik, Iugoslavia, 1988, Blidaru V., Bartha I., Leibu H., Popia A., Luca H., Statescu Fl., 8 pag.
56. Probleme energetice în cazul ridicării apei cu echipamente speciale – lucrările simpozionului „Știința modernă și energie”, Cluj-Napoca, 25-26 mai 1988, Blidaru V., Prepelita D., Prepelita Ioana.
57. Considerații privind rolul microhidrocentralei în exploatarea optimă a unui sistem complex de irigații de tip gravitațional – lucrările Conferinței Naționale de Energetică, IP București, 27-29 oct. 1988, Blidaru V., Prepelita D.
58. Contribuții privind automatizarea complexă a sistemelor de irigații teritoriale de tip gravitațional – Sesiunea jubiliară a Inst. Politehnic Iași, 10-12 nov. 1988, Blidaru V., Prepelita D.
59. Considerații privind unele cauze ale funcționării defectuoase a automatizării hidraulice a canalelor echipate cu vane tip T – lucrările „Sesiunii jubiliare a I.P. Iași”, 10-12 nov. 1988, Blidaru V., Prepelita D.
60. Contribuții ale școlii hidrotehnice ieșene la realizarea conceptului de utilizare a reliefului, în acțiunea de amenajare a unor întinse suprafețe cu aducțiuni și distribuții gravitaționale, cu independență energetică și automatizare – Sinteza – Sesiunea jubiliară a I.P. Iași, 10-12 nov. 1988, Blidaru V., Popovici Gh., Petras M., Prepelita D.
61. Terrains agricoles soumis aux phenomenes de glissement – resultats experimentaux. Presentation du probleme et la base experimentale pour la drainage en b.h. Dambovită – N., Cojocaru I., 8 pag. lucrările Congresului „Ameliorarea solurilor în scopul protecției și îmbunătățirii mediului”, Bulgaria, Sofia, 1989, Blidaru V., Armaselu N., Cojocaru I., 8 pag.
62. Amelioration des terrains agricoles lourdes, sales. Champs experimentaux pour drainage ayant en vue l' desalinisation de la zone Jijia – Prut; quelques resultats – lucrările Congresului „Ameliorarea solurilor în scopul protecției și îmbunătățirii mediului”, Bulgaria, Sofia, 1989, Blidaru V., Cismaru C., Blidaru E., 10 pag.
63. L'ingenieur en ameliorations foncieres son profit et son role dans l' evolution de la societe – lucrările „Deuxieme Symposium francophone de l'eau”, Iași, 1993, Blidaru V., 6 pag.
64. Problema irigațiilor în România. Blidaru V. 7 pag. – Lucrările științifice, Buletin Șt. Universitatea Politeh., Timișoara, oct. 1998
65. Modernizări în irigații prin dispecerizare-automatizare în sistem informatizat în Câmpia Buzăului, Blidaru V. și colab. 15 pag. – Lucrările științifice – Buletinul Șt. Universitatea Politehnică Timișoara, oct. 1998
66. Probleme ameliorative actuale ale solurilor și soluții tehnice de aplicat în exploatarea agricolă și hidroameliorativă complexă în Insula Mare a Brăilei – pt. Sesiunea Științifică omagială a Fac. Hidroteh. Iași, nov. 2001, 6 pag., Blidaru V., Dan Ionel, Visinescu I.

67. Excesul de apă și fenomene de hidraulică subterană în zona digului, la viiturile Dunării, în Insula Mare a Brăilei, pt. Sesiunea Științifică omagială a Fac. Hidroteh. Iași, nov. 2001, 6 pag., Blidaru V., Dan Ionel.
68. Soluții de scheme hidrotehnice pentru alimentarea cu apă în scopuri complexe a zonei centrale a Podișului Moldovenesc cu independență energetică, Blidaru V., Irina State (prezentat la Simpozionul de 25 ani de învățământ superior de construcții la Constanța; 18-20 aprilie 2002) publicat în Buletinul Științific al Univ. Ovidius, Constanța
69. Surse de apă punctiformă în condiții deficitare. Acumulări și captări subterane (de sub albia râului), Blidaru, V. și Irina State (publicat în Univers Ingineresc, Buletin AGIR 16-31 ian 2001)
70. Concepții noi în irigații, Blidaru V., în Univers Ingineresc, AGIR, nr. 2/2001

Lucrări tehnico-științifice - în sinteză - publicate în reviste și buletine de specialitate (cu colaboratori)

1. Adoptarea unor noi forme de secțiuni la canale, care să permită industrializarea construirii sistemelor de irigații și desecări – Revista Hidrotehnica nr. 9/1961, 8 pag.
2. Contribuții la reducerea cheltuielilor de investiții în amenajarea orezăriilor pe baza reducerii debitului maxim de apă, Buletin Inst. Agr. Galați, 1957, 13 pag.
3. Amenajarea complexă a bazinului hidrografic al Bălții Catusa, în vederea transformării într-un laborator de hidroameliorații în natură – lucrare științifică Inst. Agr. Iași, 1959, 26 pag.
4. Contribuții la construirea unui apometru cu înregistrare automată a volumelor de apă pentru sistemele de irigații și desecări, Buletinul Inst. Agr. Iași, 1960, 10 pag.
5. Adoptarea unor noi forme de secțiuni la canale, care să permită industrializarea construirii sistemelor de irigații și drenaje, Revista Hidrotehnica nr. 9/1961, 8 pag.
6. Sisteme hidroameliorative pentru reglarea regimului de apă în sol cu funcție reversibilă și mixtă, proiectate pe baza bilanțului de apă, Revista Hidrotehnica nr. 3/1961, 10 pag.
7. Instalații pentru măsurarea variației nivelului apei freatice și de suprafață și transmiterea la distanță, Buletinul Inst. Agr. Iași, 1961, 8 pag.
8. Studiul actual al lucrărilor hidroameliorative în Podișul Moldovenesc și propuneri de viitor, Revista Hidrotehnica nr. 4/1961, 12 pag.
9. Contribuții la adoptarea unui nou tip de amenajare a terenurilor cu folosințe mixte în Delta Dunării, Buletinul Inst. Agr. Iași, 1962, 13 pag.
10. Drenajul vertical în descărcarea și desalinizarea terenurilor și ca sursă de apă pentru irigații, Buletinul Inst. Polit. Iași, 1963, 8 pag.
11. Tehnica hidroameliorativă și standardizarea tuburilor de drenaj, Revista Standardizarea, 1963, 3 pag.
12. Amenajări de orezării bazate pe principii noi de proiectare și exploatare, în scopul creșterii eficienței economice, Buletinul Inst. Polit. Iași, 1964, 8 pag.
13. Cu privire la aplicarea curbilor de stăvilare în proiectarea canalelor de irigații și desecări, Buletinul de îndrumare TCHA nr. 3/1964, 10 pag.
14. Contribuții la stabilirea măsurilor de reducere a pierderilor de apă prin infiltrații din canalele de irigații, Buletinul Inst. Polit. Iași, 1965, 9 pag.
15. Contribuții cu privire la calculul hidraulic al canalelor de irigații, Buletinul Inst. Polit. Iași, 1959, 14 pag.
16. Contribuții privind alegerea formei secțiunii transversale a jgheburilor prefabricate din beton armat pentru irigații, Revista Hidrotehnica nr. 7/1966, 7 pag.
17. Lucrări de irigații în zone cu cantități mari de precipitații, executate cu posibilități locale, gen Sâmbăta – Făgăraș, Buletinul Inst. Polit. Iași, 1966, 12 pag.
18. Contribuții la problema îmbunătățirii aspersoarelor cu presiune medie și mare, folosite în irigații, Buletinul Inst. Polit. Iași, 1967, 14 pag.
19. Cercetări privind irigarea prin aspersiune a terenurilor în pantă, din b.h. Bahlui, Buletinul Inst. Polit. Iași, 1968, 10 pag.
20. Propunere de normativ pentru „Sistemele de irigații și desecări”, Studiu – sinteză pentru I.D.T., 1969, 26 pag.
21. Posibilități de irigații prin acumulări, în bazinul hidrografic superior al râului Bârlad, Revista Hidrotehnica nr. 9/1969, 7 pag.
22. Problema granulometriei ploi asperate – lucrările Ses. Șt. a Inst. Polit. Iași, 1970, 20 pag.

23. Studiul hidraulico-funcțional al tuburilor din PVC-M folosite în echipamentul mobil pentru irigații prin aspersiune și compararea cu cele din PE, Al și tablă de oțel, studiu în sinteză pentru uzina de Mase Plastică Iași, 1970, 34 pag.
24. Contribuții la calculul tehnico-economic al rețelei de conducte îngropate sub presiune pentru irigații prin aspersiune, Revista Hidrotehnica nr. 1/1971, 4 pag.
25. Stand pentru experimentarea aspersoarelor, Buletinul I.P. Iași, 1971, 11 pag.
26. Lucrări de îmbunătățiri funciare în Delta Dunării, Revista Hidrotehnica nr. 11/1972, 10 pag.
27. Problema privind optimizarea nivelării terenurilor pentru irigații și desecări, Buletinul Inst. Polit. Iași, Tomul XVIII (XX11), fasc. 1-4, 1972, 15 pag.
28. Rezultate experimentale și Contribuții la perfecționarea aspersoarelor românești ASJ-1 și ASM-1, Buletinul Inst. Polit. Iași, 1972, 9 pag.
29. Conținutul și granulometria aluviunilor în suspensie în principalele sisteme de irigații prin aspersiune în R.S. România, Sinteza prezentată în sesiunea șt. Inst. Agr. Iași, 1972, 59 pag.
30. Unele aspecte privind perfecționarea aspersoarelor, Revista Documentare Curentă Seria D., nr. 1/1973, 16 pag.
31. Conduits en polyethylene employes dans la technique de irrigation par aspersions, Retroprint Inst. Polit. Iași, 1972, 40 pag.
32. Analize comparative a unor soluții moderne de protecție a fundațiilor construcțiilor hidrotehnice din sistemele de irigații – lucrările sesiunii jubiliare a Fac. Hidrotehnică, 1973, 8 pag.
33. Raionarea masurilor hidroameliorative și hidrotehnice în b.h. Siret, subbazinele afluenților din dreapta, Buletinul Cercetări Agronomice în Moldova, Iași, 1973, 6 pag.
34. Concepții și realizări în tehnica hidroameliorativă română; cercetări – contribuții – sinteza pentru revista Probleme Agricole, vol. Terra Nostra, 1973, 39 pag.
35. Influența lucrărilor hidroameliorative și hidrotehnice asupra cauzelor formării excesului de umiditate precum și al inundațiilor și al deficitului de umiditate pe teritoriile agricole din Moldova de Sud – sinteză pentru Comisia III de Est CEAI, 1973, 14 pag.
36. Concepții privind modul de ameliorare al teritoriului Călmățui-Buzău-Siret-Prut (Moldova de Sud), soluții de amenajare și ordinea de execuție a lucrărilor cu propuneri pentru cele 8 unități ameliorative, diferențiate în zonă – sinteză pentru Comisia III de est CEAI, 1973, ASAS, 11 pag.
37. Concepții asupra surselor de apă, poziției și tipului de priză, aducțiunii, distribuției și luării în exploatare a sistemelor de irigații zonale, cu folosințe complexe. Ex. Canal Provence, Franța – lucrările ISPDF Buc., 1973, 102 pag.
38. Sistem fix de irigare prin aspersiune, de tip anonsabil, Revista Hidrotehnica nr. 5/1973, 6 pag.
39. Sisteme de irigații cu funcționarea automată, Rețeaua de aducțiune – cursuri postuniversitare, 1973, 177 pag.
40. Congresul al VIII-lea de Irigații și Drenaje, Varna, 1972, Revista Hidrotehnica nr. 2/1973, 2 pag.
41. Platforma experimentală pentru modelarea fenomenului de drenaj în scop de desalinizare în laboratorul de irigații și drenaje al Inst. Polit. Iași – lucrările sesiunii jubiliare a Fac. de Hidrotehnică, Iași, 1973, 14 pag.
42. Modul hidraulic al prizei de apă (R. Moldova) pentru Sistemul de irigații intercooperatist Moțca – Cristești (sc. 1:125) – Laboratorul de Irigații și Drenaje – I.P.I. – lucrările sesiunii jubiliare a Fac. de Hidrotehnică, Iași, 1973.
43. Pierderi de sarcină liniare în conductele de irigație prin aspersiune funcționând cu apă cu diverse turbidități și granulometrii, Revista Cercetări Agronomice în Moldova, dec. 1975, 6 pag.
44. Contribuții aduse la proiectarea canalelor de irigații funcționând automat cu comanda din aval (cu referire la aducțiunea sistemului de irigații Ruginoasa Heleșteni, b.h. Bahlui – Simpozionul de Automatizări în irigații, ISCIF, București, 1975, 11 pag.
45. Posibilități de dezvoltare a tehnicii de irigație automată în scop antigel – Simpozionul de Automatizări în irigații, ISCIF, București, 1975, 13 pag.
46. Unele aspecte economice privind automatizarea sistemelor de irigații (cu referire la transportul aripilor de udare – Simpozionul de Automatizări în irigații, ISCIF, București, 1975, 9 pag.
47. Contribuții la studiul unor metode noi de amenajare și exploatare a sistemelor de irigații – Simpozionul de Automatizări în irigații, ISCIF, București, 1975, 6 pag.
48. Hidroameliorațiile în România – Sinteza – lucrările pentru Cursurile de vară Internaționale, Univ. Iași, 1975, 19 pag.
49. Laboratoire d'irrigations et drainage a fonctions complexes enseignement – recherche – etude de projets – comunicările Seminarului Internațional Alger, 1975, 23 pag.
50. Aspecte privind folosirea irigației prin aspersiune în scop antigel, condiții și zone de aplicare în R.S.R. cu exemplificări pentru Podișul Moldovei – revista Probleme Agricole în Moldova nr. 3/1976, 7 pag.

51. Manifestări de prestigiu internațional în domeniul îmbunătățirilor funciare, în 1975, la care au participat și specialiști din Centrul Universitar Iași – Revista Cercetări Agronomice în Moldova, 1976, 5 pag.
52. Probleme ale hidroameliorațiilor în România – lucrările Cursurilor de vară internaționale, Univ. Iași, 1976, 18 pag.
53. Contribuții la stabilirea unor soluții pentru reducerea gradului de colmatare cu aluviuni în cazul prizelor de apă pentru irigații în Dunăre, Buletinul Inst. Polit. Iași, Tomul XXIV (XXVIII) fasc. 1-4, 1978, 10 pag.
54. Apa de irigație cu hidroamestec și influența turbidității acesteia asupra rețelelor de conducte pentru irigații prin aspersiune – Sesiunea șt. jubiliară, Fac. Hidrotehnica Iași, 1978.
55. Saline land improvement by irrigation, leaching and drainage, Buletinul Inst. Polit. Iași – Tom XXVII, fasc. 1-4, 1.F., 1981, 8 pag.
56. Influența drenajului asupra dinamicii nivelului freatic în terenuri cu potențial de alunecare, Revista Hidrotehnica 26 nr. 2, 1981, 3 pag.
57. Influența drenajului asupra scurgerii în terenuri cu potențial de alunecare, Revista Hidrotehnica 26 nr. 1, 1981, 3 pag.
58. Probleme actuale în gospodărirea apelor. Concepții în cercetare-proiectare-exploatare, Simpozionul Inst. Polit. sec. IV, Timișoara, vol. III, 1982.
59. Ref. 6 – Soluții și posibilități de valorificare prin irigații a apelor uzate orășenești și de la complexele zootehnice – lucrările Simpozionului CNA, Mamaia, 1982, 2 pag.
60. Ref. 8 – Soluția unei scheme hidrotehnice complexe pentru gospodărirea apelor în b.h. Bahlui jud. Iași – lucrările Simpozionului CNA, Timișoara, 1983, 3 pag.
61. Metode de delimitare experimentală în regim dinamic a modulelor de rezistență hidraulică ale armăturilor din sistemele de irigații – lucrările Simpozionului Îmbunătățiri Funciare, vol. II, București, 19-20 nov. 1985.
62. Irigare bivalentă din rețele de conducte, prin decalarea diurnă a metodelor de udare, Revista Hidrotehnica, vol. 30, nr. 10, 1985.
63. Model experimental al unui mijloc de măsurare a debitului de apă în instalațiile de udare prin aspersiune – Analele Inst. de cercetare și inginerie tehnologică pentru irigații și drenaje, vol. II (XIII), București, 1981.
64. Soluții de sectoare de legătură pe canale magistrale în cadrul unei scheme hidrotehnice gravitaționale, Simpozionul ICCPDC – I.P. Timișoara, 14-15 nov. 1986.
65. Studiul monografic „Învățământul ingineresc de Îmbunătățiri Funciare în România” – lucrările sesiunii jubiliare I.P.I. 1988, vol. I
66. Inginerul de Geniu Rural, Agricultura României – spre economia de piață și dezvoltarea satelor la nivel mondial – are nevoie de un profil larg de inginer: inginerul de Geniu Rural – lucrările Buletin ISPIF an. II, 1992.
67. Considerații privind unele cauze ale funcționării defectuoase a automatizării hidraulice echipate cu vane de tip I – Sesiunea jubiliară a Inst. Polit. Iași, 10-12 nov. 1988, secția IV.
68. Studiu monografic: „Contribuții ale școlii hidrotehnice ieșene la realizarea conceptului de utilizare a reliefului, în acțiunea de amenajare a unor întinse suprafețe cu aducțiuni și distribuții gravitaționale cu independență energetică și automatizare – lucrările Sesiunii jubiliare a Inst. Polit. Iași, 10-12 nov. 1988, vol. I.
69. Concepții noi în irigații – publicat în Rev. Univers Ingineresc (16-31 ian. 2001)
70. Surse de apă pentru irigații, în condiții deficitare – Revista Asoc. Generală a Inginerilor din România, Buletin A.G.I.R. 2001

12. SINTEZELOR UNOR STUDII ȘI CERCETĂRI ȘTIINȚIFICE CU CONTRACT, REALIZATE SAU ÎNDRUMATE DE PROF. VALERIU BLIDARU (1968-1997), ÎN CADRUL CATEDREI DE HIDRAULICĂ ȘI HIDROAMELORIAȚII

1. Raionarea măsurilor ameliorative pentru ridicarea eficienței economice a terenurilor din lunca Jijia-Prut, CAP Probota, 1967/70
2. Analiza elementelor hidraulice ale aspersoarelor ASJ-1 și ASM-1 în funcție de elementele geometrice și constructive, Întrep. Armătura Cluj, 1968/1969
3. Studiul pierderilor de sarcină la conductele din mase plastice, Uzina de prelucrare a maselor plastice Iași, 1969
4. Studiul hidraulic al conductelor pentru aripile de irigații prin aspersiune folosite în producție, DIFCA, 1969/1970

5. Analiza elementelor hidraulice ale aspersoarelor ASJ-1 și ASM-1 în funcție de elementele geometrice și constructive, Întrep. Armătura Cluj, 1970
6. Studiul elementelor tehnicii de irigare prin brazde și aspersiune pe terenurile în pantă, IAS Iași – Ferma Căprița – 1971
7. Micromodel de sistem de irigație sub presiune, TCIF – 3 Urleasa, TCIF – 4 Movila Miresii – 1971
8. Studiul hidraulic al conductelor pentru aripi de irigație prin aspersiune în condițiile folosirii apei cu grade diferite de turbiditate, DIFCA nr. 14018/1971/1973
9. Studiul îmbunătățirii uniformității distribuției apei la brazdele de udare, pe conducte flexibile în condițiile de reglare centralizată a presiunilor, ISPIF București 1972/1973
10. Studiul hidraulic – conducte flexibile, ISPIF București 1973
11. Soluții tehnice și economice pentru înlăturarea pierderilor de apă din rețeaua de canale din sistemele de irigații, DIFCA, 1973/75
12. Măsuri materiale noi pentru impermeabilizări. DIFCA, 1975
13. Soluții tehnice pentru înlocuirea conductelor din materiale deficitare (azbo, premo) cu conducte din mase plastice (PVC și PE), produse în țară și din import, la rețele de irigații cu conducte sub presiune îngropate, DIFCA nr. 24069 din 1973/1975
14. Studiul experimental privind irigația prin aspersiune în scop antigel pentru protejarea plantațiilor din zonele afectate de geruri târzii și brume timpurii, ISCIF București, 1974/1976
15. Studiul funcționării moriștilor hidrometrice, I.M.N. 1974/1975
16. Studiul conductelor din rețele de irigație din diverse materiale în condițiile apei încărcate cu diverse grade de turbiditate. (Sisteme de irigații Terasa-Nicorești, Terasa-Brăilei, Sadova-Corabia, Olt-Călmățui etc.), IEILIF Galați nr. 23738, 1974/1975
17. Studii și măsurători hidrometrice în scopul perfecționării rețelei de apometrie a sistemului de irigație Terasa-Tecuci, prin adaptarea și tararea unor construcții hidrometrice și secțiuni transversale de pe canale, IELIF Galați, 1975/1975
18. Hidrometrie în sistemul de irigație IEILIF Iași, IEILIF Iași 1975/1975
19. Hidrometrie în sistemul de irigație Mahmudia, IELIF Tulcea, 1975/1975
20. Hidrometrie în sistemul de irigație Terasa Brăilei, IELIF Brăila, 1975/1985
21. Hidraulica conductelor din rețelele de irigații din diverse materiale, în condițiile apei încărcate cu diverse grade de turbiditate, TCIF BUC. Șantier Giurgiu-Răzmirești 1975/1976
22. Studii privind modernizarea irigației pe brazde în sistemul Giurgiu-Răzmirești zona A+C, ISPIF Buc., 1976/1977
23. Soluții tehnice privind drenajul terenurilor alunecătoare și în pantă din b.h. Valea Largă, județul Dâmbovița, IMH – Buc. OIF Dâmbovița 1977/80
24. Studiul colmatării și a măsurilor de decolmatare a conductelor din sistemul Terasa-Nicorești (conducte din azbociment, PREMO, metal), IELIF Galați nr. 23738, 1976/1977
25. Studii privind impermeabilizarea canalelor de irigație. ISPIF Buc. și Iași, 1977/1979
26. Proiect de modernizare a sistemelor de irigații Sarichioi pentru funcționarea bivalentă. IEELIF Tulcea, 825/1983
27. Studii pentru îmbunătățirea distribuției apei în unele sisteme de irigații exploatate de IEELIF Iași, ICELIF Iași, 16206/1982
28. Analize și studii privind procesul de colmatare în sistemul de irigații Barbosi, în concordanță cu turbiditatea râului Siret, TCIF Galați, 27242/1978
29. Urmărirea și comportarea în exploatare a rețelelor sub presiune din sistemul de irigații Terasa Nicorești, TCIF Galați, 8479/1978
30. Studiul proceselor de colmatare, tasare și avarii la prizele de apă, bazine, conducte îngropate și construcții hidrotehnice – cauze și măsuri de înlăturare, ISPIF 6984/1977
31. Studiul hidraulic al conductelor pentru aripi de irigație prin aspersiune, în condițiile folosirii apei cu grade diferite de turbiditate, DGEIFCA, 14018/71
32. Soluții tehnice pentru înlocuirea conductelor din materiale deficitare (azbociment, PREMO), cu conducte din mase plastice (PVC, PE) produse în țară, la rețelele de irigații cu conducte sub presiune îngropate, ISPIF 24069/1973
33. Studiul uniformității distribuției apei la brazdele de udare din conducte flexibile, în condiții de reglare centralizată a presiunilor, DGEIFCA 17652/1972

34. Studii privind deformățiile permanente la părțile metalice ale stăvilarelor automate cu comandă hidraulică de pe canalele de aducțiune din sistemul de irigații Sinoe, IEELIF Constanța 7208/1983
35. Analize pentru fundamentarea soluțiilor de amenajare complexă (regim automatizat în sistem gravitațional) al perimetrului Tansa – Podul Iloaiei, cu evidențierea posibilităților de extindere la bazinul hidrografic Bahlui, IEELIF Iași 561/1984
36. Studii pentru verificarea vanei automate regulator hidraulic de nivel, realizat în cadrul IEELIF Tulcea, IEELIF Tulcea 18607/1980
37. Studii și analize privind revizuirea și completarea schemei hidrotehnice a sistemului de irigație cu independență energetică (care să includă și b.h. Bahlui cu pante și tehnici de irigat diferite), ISPIF București 41601/1986-1987
38. Soluții de automatizarea ansamblului schema hidrotehnică – aducțiuni – distribuții (în condiții de relief diferit, în adaptare pentru bazinul hidrografic Bahlui și cu posibilități de generalizare, ISPIF 2819/1987
39. Proiectarea și executarea modelului schemei hidrotehnice complexe interjudețene Iași-Vaslui-Botoșani și a machetei reliefului (axată pe b.h. Bahlui), I.P.I. 1978-1979
40. Modelul hidraulico-funcțional al nodului hidroenergetic complex (NHCP-Pârcovaci), I.P.I. 7093/1981
41. Studiul posibilităților de modernizare a sistemului de irigații Sarichioi pentru funcționarea bivalentă. IEELIF Tulcea 825/1983
42. Modelul amenajării hidraulice complexe a interspațiului Jijia-Prut în legătură cu schema hidrotehnică gravitațională (b.h. Bahlui), cu producere de energie și funcționând în regim automatizat, I.P.I. 1983-84
43. Modelul hidraulico-funcțional al distribuției gravitaționale intercomunale (din SH de amenajare a versanților) cu echiparea pentru automatizare, IPI 1987-88
44. Analize și studii privind procesul de colmatare în sistemul de irigații Barboși în concordanță cu turbiditatea râului Siret, IEELIF Galați 27242/1978
45. Studii pentru elaborarea unui model și a unui program calculator pentru optimizarea distribuției apei în condițiile agriculturii irigate cu economie de piață cu cerințe de apă complexe și variabile în timp. Aplicație la sistemul Ialomița-Călmățui, ISPIF Buc. 1993-1994
46. Studiul comparativ al tehnicilor de irigare cu apele uzate de la complexul de porci Leorda, județul Botoșani, ISPIF Buc., 1993-1994
47. Studiul tehnicilor de epurare și de valorificare a apelor reziduale pentru protecția mediului, dintr-un sat din NE Podișului Moldovenesc – com. Pomârla – jud. Botoșani – ISPIF Buc. (contract teza de doctorat) – 1994-1997

În fotografiile de mai jos prezint laboratorul al cărui inițiator și realizator a fost Valeriu Blidaru, împreună cu un minunat colectiv de colegi: profesori, mecanici și chiar studenți integrați în activitatea științifică, conform condițiilor de atunci.



Vedere de ansamblu a Laboratorului Complex de Irigații și Drenaje – L.I.D. (În acest laborator a realizat cercetările, studiile, documentația și cărțile ce-i definesc realizările și consacrarea profesională, și chiar mai mult, după aprecierile unor mari personalități internaționale, ca de exemplu, din Franța, Bulgaria, Cehoslovacia, China, Israel)



Colectivul de cadre didactice și studenții din promoția 1978

(79 studenți: ingineri – 47 și subingineri – 30)



Remarcabilii profesori și colegi în mijlocul unei serii de absolvenți ce-și serbau un număr de ani de trudă și mari realizări în domeniul hidrotehnicii pentru dezvoltare rurală



Prof. univ. dr. doc. ing. **Valeriu Blidaru** reprezintă o personalitate marcantă a învățământului superior și unul din iluștrii fondatori ai învățământului superior hidrotehnic la Iași.

Prin ampla sa lucrare, autorul răspunde tuturor exigențelor unei științe vaste, ce își conturează o nouă identitate și care poate deveni, de asemenea, o disciplină de studiu în planurile de învățământ ale universităților, la masterat și doctorat, tocmai pentru asigurarea creșterii calității învățământului superior românesc și alinierii acestuia la standardele europene și internaționale.

În acest volum, se pune accentul pe protecția mediului, prin intermediul măsurilor de protecție împotriva înghețului, antigrindină, ciclicitatea unor fenomene hidrometeorologice, precum și pe protecția terenurilor contra poluării cu ape uzate și reziduuri organice datorită amenajărilor hidraulico-agrare, optimizărilor și raționalizărilor. Se prezintă și amenajările hidrotehnice complexe cu triplu scop prioritar – hidroenergie, navigație și hidraulico-agrare, cu exemple din tehnica internațională și românească.

ISBN: 978-606-37-1526-6
ISBN: 978-606-37-1537-2

